



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS  
NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
ORDENAMIENTO TERRITORIAL

## TÍTULO

**“DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DEL  
DEPÓSITO ALUVIAL DEL RÍO MACARÁ, UBICADO EN EL  
SECTOR “LA CRUZ”, PERTENECIENTE AL CANTÓN MACARÁ,  
PROVINCIA DE LOJA”.**

*Tesis de grado previa a la obtención del título  
de Ingeniero en Geología Ambiental y  
Ordenamiento Territorial*

## AUTOR

Jorge Luis Espinosa Rodríguez

## DIRECTOR

Ing. Jimmy Stalin Paladines, Mg. SC.

**LOJA - ECUADOR**

**2019**

## II. CERTIFICACIÓN

Ing. Jimmy Stalin Paladines, Mg. Sc.

**DOCENTE DE LA CARRERA GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.**

### **CERTIFICO:**

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado realizado por el egresado, **JORGE LUIS ESPINOSA RODRÍGUEZ** con C.I.; 1104961873, en su proceso de investigación denominado: **“DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DEL DEPÓSITO ALUVIAL DEL RÍO MACARÁ, UBICADO EN EL SECTOR “LA CRUZ”, PERTENECIENTE AL CANTÓN MACARÁ, PROVINCIA DE LOJA”**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, el mismo que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, lo que en consecuencia me permito autorizar su presentación, así como su posterior sustentación y defensa.

Loja, 09 de noviembre del 2018



.....  
Ing. Jimmy Stalin Paladines, Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**

### III. AUTORÍA

Yo, **JORGE LUIS ESPINOSA RODRÍGUEZ** declaro ser autor del presente proyecto de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual

**Firma:**

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue circular stamp. The signature appears to read 'Jorge Espinosa'.

**Cedula:** 1104961873

**Fecha:** Loja, 10 de enero del 2019


#### **IV. CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Yo, **JORGE LUIS ESPINOSA RODRÍGUEZ** declaro ser autor del proyecto de tesis titulado: **“DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DEL DEPÓSITO ALUVIAL DEL RÍO MACARÁ, UBICADO EN EL SECTOR “LA CRUZ”, PERTENECIENTE AL CANTÓN MACARÁ, PROVINCIA DE LOJA”**, como requisito para optar el grado de **INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**. Asimismo, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, se muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad Nacional, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el R.D.I., en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, al décimo día del mes de enero del dos mil diecinueve.

**Firma:** 

**Autor:** Jorge Luis Espinosa Rodríguez

**Cedula:** 1104961873

**Dirección:** Ecuador, Loja, Macará (Barrio Luz de América)

**Correo electrónico:** jorgeespinosa08\_11@hotmail.com

**Teléfono:** 2694-400

**Celular:** 0901835822

#### **Datos complementarios**

**Director de Tesis:** Ing. Jimmy Stalin Paladines, Mg. Sc.

**Tribunal de Grado:** Ing. Fermín Gonzales, Mg. Sc.

Ing. Fabián Ojeda, Mg. Sc.

Ing. Cesar Jaramillo, Mg. Sc.

## V. DEDICATORIA

A mis padres Martha y Augusto, de quienes he reconocido que hacer lo correcto e importante, aunque difícil, es el mejor camino hacia la autoestima, el orgullo, y la satisfacción personal.

A mis hermanos Carlos, Riverth, y Patricio, y a mis sobrinos.

*“... la educación académica te proporcionará algo más. Si la sigues con constancia, al cabo de un tiempo comenzará a darte una idea de la medida de tu inteligencia. De qué puede abarcar y qué no puede abarcar. Poco a poco comenzarás a discernir qué tipo de pensamiento halla cabida más cómodamente en tu mente. Y con ello ahorrarás tiempo porque ya no tratarás de adoptar ideas que no te van, o que no se avienen a tu inteligencia. Sabrás cuáles son exactamente tus medidas intelectuales y vestirás a tu mente de acuerdo con ellas...”*

El Guardián sobre el Centeno. J. D. Salinger, 1951.

## VI. AGRADECIMIENTO

Al Ingeniero Profesor Stalin Paladines, coordinador de esta tesis, por estimular el interés académico en el desarrollo de la misma.

Al Ingeniero Profesor Julio Romero Sigcho, gestor académico de la carrera de G.A.Y.O.T, por su cooperación desinteresada durante la gestión del proyecto.

Al equipo de topografía, Carlos, Daniel, Fabricio, y Luis, por su estupenda labor en el levantamiento en campo.

A la familia Puglla Rodríguez: Lucy, Alberto, Carlos, Kevin y Angie, por su apoyo fraterno brindado durante todo este tiempo.

A Eduardo Espinosa, por sus imprescindibles palabras de confianza y seguridad.

A mis amigos: Diego Rodríguez, Giancarlo Arévalo, y Marlon Herrera por sus llamadas y mensajes de motivación.

A Marisol Rodríguez, por su colaboración en el momento más oportuno.

A mis padres y hermanos absolutamente por todo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

II. CERTIFICACIÓN.....	2
III. AUTORÍA .....	3
IV. CARTA DE AUTORIZACIÓN .....	4
V. DEDICATORIA .....	5
VI. AGRADECIMIENTO .....	6
1. TÍTULO.....	19
2. RESUMEN .....	21
3. INTRODUCCIÓN.....	23
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	25
4.1. Topografía .....	25
4.1.1. Divisiones de la topografía.....	25
4.2. Geología .....	25
4.3. Las rocas .....	26
4.3.1. Génesis de las rocas .....	26
4.3.2. Rocas ígneas.....	27
4.3.3. Rocas sedimentarias .....	28
4.3.4. Rocas metamórficas.....	28
4.4. Agregados pétreos y/o áridos .....	29
4.4.1. Criterios de clasificación de los materiales pétreos .....	30
4.4.1.1. Clasificación según su naturaleza mineral.....	30
4.4.1.2. Clasificación según su procedencia .....	31
4.4.1.3. Clasificación según su tamaño.....	32
4.5. Génesis de los depósitos de material de arrastre.....	32
4.5.1. Erosión .....	34
4.5.2. Transporte.....	34
4.5.3. Depositación .....	34
4.6. Estudio de transporte de sedimentos y morfodinámica de ríos aluviales .....	35
4.6.1. Pasos metodológicos para el estudio de ríos aluviales .....	36
4.7. Explotación de materiales de construcción en canteras y graveras.....	37
4.7.1. Cantera.....	37

4.7.2.	Gravera .....	38
4.8.	Estimación de reservas minerales.....	39
4.8.1.	Clasificación de las reservas.....	40
4.8.2.	Variables para definir las reservas de un depósito mineral .....	41
4.8.3.	Métodos para la cuantificación de reservas de áridos.....	41
4.8.3.1.	Método de las secciones transversales adyacentes.....	42
4.8.3.2.	Método de las isolíneas.....	42
4.8.3.3.	Método de triangulación.....	43
4.8.3.4.	Método de polígonos .....	43
4.8.3.5.	Método de los prismas regulares.....	44
4.9.	Métodos de explotación de graveras.....	44
4.10.	Operaciones mineras para la extracción de agregados pétreos.....	45
5.	MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	47
5.1.	Materiales .....	47
5.2.	Metodología de la investigación .....	47
5.2.1.	Primer objetivo específico .....	48
5.2.1.1.	Levantamiento topográfico .....	48
5.2.1.2.	Caracterización de la geología local .....	50
5.2.1.3.	Calculo de reservas del material pétreo.....	56
5.2.2.	Segundo objetivo específico .....	58
5.2.2.1.	Caracterización de los parámetros geológicos-mineros.....	58
5.2.2.2.	Planteamiento de diseño de explotación.....	62
5.2.3.	Tercer objetivo específico.....	62
5.2.3.1.	Descripción de labores del método explotación.....	62
5.2.3.2.	Plan de manejo ambiental.....	63
5.2.3.3.	Análisis económico del proyecto.....	65
6.	RESULTADOS.....	66
6.1.	Datos generales del área de estudio.....	66
6.1.1.	Ubicación .....	66
6.1.1.1.	Acceso.....	66
6.1.2.	Clima .....	67



6.1.3.	Hidrografía .....	68
6.1.3.1.	Quebrada Cachaquitos .....	68
6.1.3.2.	Río Macará.....	69
6.1.4.	Topografía .....	69
6.2.	Descripción geológica .....	70
6.2.1.	Geología regional .....	70
6.2.1.1.	Volcánico La Bocana (Ki-vb).....	70
6.2.1.2.	Batolito de Tangula (K-to/di).....	70
6.2.1.3.	Unidad Punta de Piedras (K-Pp) .....	71
6.2.1.4.	Formación Sacapalca (E1E2-sa).....	71
6.2.2.	Geología local.....	72
6.2.2.1.	Afloramientos .....	72
6.2.2.2.	Detritos y estructuras fluviales sedimentarias .....	74
6.2.2.3.	Estratigrafía de calicatas de investigación.....	81
6.2.2.4.	Análisis de la geología local .....	82
6.2.3.	Calidad del material pétreo .....	85
6.3.	Reservas .....	86
6.4.	Geometría del depósito aluvial .....	89
6.4.1.	Forma .....	89
6.4.2.	Cobertura vegetal .....	89
6.5.	Características hidrológicas e hidráulicas del tramo local .....	90
6.5.1.	Régimen fluvial .....	90
6.5.2.	Caudal mínimo y máximo .....	92
6.5.3.	Recarga anual de sedimentos.....	92
6.5.4.	Hidráulica del tramo local .....	94
6.5.4.1.	Perfil longitudinal .....	95
6.5.4.2.	Secciones transversales.....	95
6.5.5.	Análisis geomorfológico.....	103
6.5.6.	Zonificación de las riberas por estabilidad frente a la erosión.....	110
6.6.	Plan de explotación del depósito aluvial .....	113
6.6.1.	Proyección general de la explotación.....	113

6.6.1.1.	Volumen de producción anual .....	113
6.6.1.2.	Vida útil.....	113
6.6.1.3.	Calendario de labores mineras.....	113
6.6.2.	Selección del método explotación.....	114
6.6.2.1.	Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavador .....	114
6.6.2.2.	Explotación por diques transversales.....	115
6.6.2.3.	Análisis Multicriterio entre ambos métodos de explotación .....	117
6.6.3.	Implementación del método de explotación .....	119
6.6.4.	Labores de preparación .....	122
6.6.4.1.	Destape y preparación .....	122
6.6.4.2.	Dimensionamiento y ubicación de obras.....	123
6.6.5.	Labores de explotación.....	127
6.6.5.1.	Arranque y carga .....	127
6.6.5.2.	Transporte y vertido .....	132
6.6.5.3.	Cribado .....	132
6.6.5.4.	Acopio.....	136
6.7.	Operación Minera .....	137
6.7.1.	Tiempo y ciclos de producción .....	137
6.7.1.1.	Tiempo y ciclos de la retroexcavadora .....	138
6.7.1.2.	Tiempo y ciclos de la volqueta .....	138
6.7.1.3.	Tiempo y ciclos de la cargadora frontal .....	139
6.7.1.4.	Tiempo y ciclos de la bomba centrífuga.....	139
6.7.2.	Rendimiento teórico de la maquinaria.....	140
6.7.2.1.	Rendimiento de la retroexcavadora.....	140
6.7.2.2.	Rendimiento de la cargadora frontal .....	141
6.7.2.3.	Rendimiento de la volqueta .....	142
6.7.3.	Horas de trabajo de la maquinaria y número de equipos.....	143
6.7.3.1.	Cálculo para la retroexcavadora.....	143
6.7.3.2.	Cálculo para la cargadora frontal .....	143
6.7.3.3.	Calculo para la volqueta .....	144
6.7.3.4.	Capacidad de lagunas de sedimentación .....	144

6.7.4.	Cronograma de labores de explotación.....	145
6.8.	Manejo ambiental .....	146
6.8.1.	Identificación, valoración y evaluación ex-ante de impactos ambientales.	146
6.8.1.1.	Análisis de la matriz de valoración .....	150
6.8.1.2.	Dictamen ambiental .....	152
6.8.1.3.	Análisis ambiental.....	154
6.8.2.	Plan de manejo ambiental .....	156
6.8.2.1.	Plan de prevención y mitigación de impactos.....	158
6.8.2.2.	Plan de manejo de desechos .....	164
6.8.2.3.	Plan de educación ambiental y difusión.....	166
6.8.2.4.	Plan de relaciones comunitarias.....	167
6.8.2.5.	Plan de contingencias.....	168
6.8.2.6.	Plan de salud y seguridad ocupacional.....	170
6.8.2.7.	Plan de monitoreo y seguimiento ambiental .....	175
6.8.2.8.	Plan de cierre y abandono .....	177
6.8.2.9.	Plan de rehabilitación .....	179
6.8.3.	Presupuesto y cronograma del plan de manejo ambiental .....	180
6.9.	Estudio económico del proyecto .....	181
6.9.1.	Inversión fija.....	181
6.9.1.1.	Inversión en terreno .....	181
6.9.1.2.	Inversión en infraestructura .....	182
6.9.1.3.	Inversión en Maquinaria y equipo.....	182
6.9.1.4.	Inversión en equipo de computación y oficina .....	183
6.9.1.5.	Inversión en muebles y enseres .....	184
6.9.2.	Costos de operación .....	184
6.9.2.1.	Costos directos .....	184
6.9.2.2.	Costos indirectos .....	188
6.9.3.	Estado de fuentes y uso de fondos.....	190
6.9.3.1.	Financiamiento y tabla de amortización .....	190
6.9.3.2.	Proyección de ventas e ingresos .....	191
6.9.3.3.	Proyección de costos .....	192

6.9.3.4. Flujo de caja .....	195
6.9.4. Viabilidad económica del proyecto .....	196
7. DISCUSIÓN .....	198
6. CONCLUSIONES.....	200
7. RECOMENDACIONES.....	202
8. BIBLIOGRAFÍA.....	203

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales rocas y sus características como materiales de construcción .....	31
Tabla 2. Clasificación de los áridos según su tamaño .....	32
Tabla 3. Métodos de explotación de graveras fuera del cauce activo .....	45
Tabla 4. Métodos de explotación de graveras dentro del cauce activo .....	44
Tabla 5. Puntos de partida del levantamiento topográfico .....	48
Tabla 6. Coordenadas de calicatas y/o puntos de muestreo .....	54
Tabla 7. Modelo de etiqueta de muestras.....	55
Tabla 8. Análisis y ensayos realizados para conocer la calidad del material pétreo.....	55
Tabla 9. Coordenadas de ubicación del área de estudio .....	66
Tabla 10. Descripción geográfica y litológica de afloramientos .....	73
Tabla 11. Parámetros de calidad del material pétreo .....	85
Tabla 12. Volumen de material pétreo sin confinamiento.....	88
Tabla 13. Intensidades del fenómeno Niño y la Niña, periodo 1969-2017.....	91
Tabla 14. Capacidad de transporte y sedimentación del río Macará.....	93
Tabla 15. Valores en masa y tiempo del gasto sólido.....	93
Tabla 16. Velocidad de corriente en cada sección transversal.....	98
Tabla 17. Caudales de las secciones transversales .....	98
Tabla 18. Ubicación geográfica de niveles de estiaje e inundación .....	101
Tabla 19. Parámetros geométricos para el cálculo del área y perímetro mojado .....	101
Tabla 20. Área y perímetro mojado del nivel de desbordamiento .....	102
Tabla 21. Caudales de inundación en cada sección.....	102
Tabla 22. Análisis Multicriterio de los métodos de explotación.....	118
Tabla 23. Clasificación general de residuos .....	125
Tabla 24. Símbolos y gráficos de seguridad.....	126
Tabla 25. Clasificación de suelos y rocas a la resistencia específica a la excavación .....	128
Tabla 26. Especificaciones técnicas del modelo de retroexcavadora .....	129
Tabla 27. Especificaciones técnicas del modelo de volqueta.....	132
Tabla 28. Especificaciones técnicas del monitor hidráulico y bomba centrífuga.....	133
Tabla 29. Características de la criba estática.....	134
Tabla 30. Especificaciones técnicas del modelo de cargadora frontal.....	136
Tabla 31. Formula y coeficientes de rendimiento de la retroexcavadora.....	140
Tabla 32. Fórmula y coeficientes de rendimiento de la cargadora frontal .....	141
Tabla 33. Cálculo teórico del rendimiento de volqueta .....	142
Tabla 34. Valores teóricos de tiempo de ciclo para la retroexcavadora .....	138
Tabla 35. Tiempo y número de ciclos de la volqueta .....	138
Tabla 36. Tiempo y número de ciclos de la cargadora frontal .....	139
Tabla 37. Cronograma de labores de explotación.....	145
Tabla 38. Componentes, subcomponentes y factores ambientales del proyecto.....	146
Tabla 39. Actividades generales del proyecto .....	147

Tabla 40. Matriz de identificación de impactos.....	148
Tabla 41. Matriz de valoración de impactos.....	149
Tabla 42. Valoración estimada de los impactos ambientales .....	152
Tabla 43. Porcentajes del impacto ambiental de cada fase del proyecto.....	153
Tabla 44. Porcentajes del impacto ambiental de los medios ambientales involucrados .	154
Tabla 45. Estructura del plan de manejo ambiental.....	157
Tabla 46. Programa de prevención y control de ruido .....	158
Tabla 47. Programa de prevención y control de emisiones de polvo, gases y olores.....	159
Tabla 48. Programa de prevención y mitigación de la calidad del agua .....	160
Tabla 49. Programa de prevención y mitigación de la contaminación del suelo .....	161
Tabla 50. Programa de prevención y reducción de la erosión .....	162
Tabla 51. Programa de prevención y reducción de la flora y fauna silvestre.....	163
Tabla 52. Programa de manejo de estériles y desechos comunes.....	164
Tabla 53. Programa de charlas de capacitación .....	166
Tabla 54. Plan de relaciones comunitarias y compensación .....	167
Tabla 55. Programa de contingencias y respuestas.....	168
Tabla 56. Programa de política general de salud .....	170
Tabla 57. Programa de señalización .....	172
Tabla 58. Programa de seguridad ocupacional.....	173
Tabla 59. Programa de salud ocupacional .....	174
Tabla 60. Programa de monitoreo de componentes ambientales.....	175
Tabla 61. Programa de entrega de informes .....	176
Tabla 62. Programa de abandono del lecho mayor por aguas altas .....	177
Tabla 63. Plan de abandono y entrega final del área .....	178
Tabla 64. Plan de rehabilitación de áreas afectadas .....	179
Tabla 65. Presupuesto y cronograma del Plan de Manejo Ambiental .....	180
Tabla 66. Inversión en terreno.....	181
Tabla 67. Inversión en infraestructura .....	182
Tabla 68. Inversión en maquinaria .....	183
Tabla 69. Inversión en equipos de cribado .....	183
Tabla 70. Inversión en equipos de oficina .....	183
Tabla 71. Inversión en muebles y enseres.....	184
Tabla 72. Costo horario por arrendamiento de maquinaria .....	185
Tabla 73. Características técnico-económicas de la cargadora frontal SEM 656D .....	185
Tabla 74. Costo horario de la cargadora frontal SEM 656D .....	186
Tabla 75. Costo horario de motor eléctrico.....	187
Tabla 76. Costo horario por mano de obra .....	187
Tabla 77. Costos de insumos del circuito de bombeo .....	188
Tabla 78. Costos de herramientas de trabajo menor .....	188
Tabla 79. Coste anual de mano de obra indirecta.....	188

Tabla 80. Coste anual de servicios básicos .....	189
Tabla 81. Costos pre operacionales .....	189
Tabla 82. Costo por depreciación de activos .....	190
Tabla 83. Financiamiento del proyecto .....	190
Tabla 84. Tabla de amortización del crédito.....	191
Tabla 85. Proyección de ingresos y ventas para los cinco primeros años.....	191
Tabla 86. Costo unitario por excavación y transporte de material .....	192
Tabla 87. Costo unitario por cribado de material.....	193
Tabla 88. Proyección de costos.....	194
Tabla 89. Flujo neto de caja .....	195
Tabla 90. Inversión inicial y flujos de caja para cinco años .....	196
Tabla 91. Valores del V.A.N y T.I.R frente a diferentes tasas de interés .....	196
Tabla 92. Periodo de recuperación de la inversión .....	197

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo evolutivo de las rocas .....	27
Figura 2. Grava y piedra triturada.....	29
Figura 3. Criterios de clasificación de los áridos .....	30
Figura 4. Zonas de erosión, transporte y deposición, y cauce del río .....	33
Figura 5. Diagrama de disipación de energía en el cauce de un río. ....	35
Figura 6. Extracción de áridos en entornos situados próximos o dentro de la corriente ...	39
Figura 7. Sistemas de clasificación de recursos y reservas.....	40
Figura 8. Método de secciones verticales o de perfiles .....	42
Figura 9. Método de las isolíneas .....	42
Figura 10. Método de triangulación .....	43
Figura 11. Método de los polígonos .....	43
Figura 12. Método de los prismas .....	44
Figura 13. Materiales utilizados en el desarrollo del proyecto .....	47
Figura 14. Elaboración de curvas de nivel y MDT en ArcGis.....	50
Figura 15. Actividades orientadas a realizar el mapeo de afloramientos .....	51
Figura 16. Diagrama de flujo para identificación de rocas heterogéneas.....	52
Figura 17. Vista de perfil de los Modelos Digitales de Terreno.....	56
Figura 18. Obtención y análisis visual de las capturas de imagen del terreno.....	61
Figura 19. Ruta vía terrestre hacia el depósito aluvial “La Cruz” .....	66
Figura 20. Vía de acceso al depósito aluvial La Cruz.....	67
Figura 21. Red hidrográfica del área de estudio.....	68
Figura 22. Perfil transversal del terreno - S57ºE .....	69
Figura 23. Estratigrafía de calicatas de investigación .....	81
Figura 24. Perfil geológico A-A´ .....	83
Figura 25. Perfil geológico B - B´ .....	83
Figura 26. Perfil geológico C - C´ .....	84
Figura 27. Perfil geológico D - D´ .....	84
Figura 28. Polígono del área de reservas.....	86
Figura 29. Resultado digital del cálculo computarizado en ArcGis.....	87
Figura 30. Reservas probadas, probables y posibles en metros cúbicos. ....	88
Figura 31. Hidrograma de caudales del río Macará.....	90
Figura 32. Caudales promedios anuales máximo, mínimo, y medio de río Macará .....	91
Figura 33. Perfil longitudinal del tramo local del área de estudio.....	95
Figura 34. Secciones transversales del cauce local.....	96
Figura 35. Sección Transversal N°1.....	96
Figura 36. Sección Transversal N°2.....	96
Figura 37. Sección Transversal N°3.....	97
Figura 38. Parámetros geométricos para el cálculo del nivel de desbordamiento.....	99
Figura 39. Ubicación de los niveles de inundación del tramo local.....	100



Figura 40. Zonificación de las márgenes y cauce del tramo local .....	104
Figura 41. Evidencias geomorfológicas del tramo local en el 2006.....	105
Figura 42. Cambios morfológicos provocados entre 2006 y 2010 .....	106
Figura 43. Cambios morfológicos ocurridos entre 2010 y 2012.....	107
Figura 44. Cambios morfológicos ocurridos entre 2012 y 2016.....	108
Figura 45. Cambios morfológicos ocurridos entre 2016 y 2017.....	109
Figura 46. Estabilidad de los márgenes a la erosión fluvial .....	112
Figura 47. Explotación por tajos lineales laterales al río .....	114
Figura 48. Extracción paralela con pala hidráulica .....	115
Figura 49. Establecimiento de diques para retención de arenas .....	116
Figura 50. Dique óptimo para caudales normales o medios .....	116
Figura 51. Diagrama de flujo general de la explotación del depósito aluvial “La Cruz” ....	121
Figura 52. Perfil topográfico de la corona de la isla fluvial.....	123
Figura 53. Detalle geométrico de la excavación .....	130
Figura 54. Detalle geométrico de la profundidad de excavación.....	131
Figura 55. Esquema del ciclo de producción .....	137
Figura 56. Afectaciones positivas y negativas de las actividades del proyecto.....	150
Figura 57. Afectaciones positivas y negativas de los factores ambientales del proyecto.	151
Figura 58. Categoría del impacto del proyecto .....	153
Figura 59. V.A.N del proyecto .....	196

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Punto de partida del levantamiento topográfico.....	49
Fotografía 2. Mapeo de las macro-formas sedimentarias fluviales del río .....	53
Fotografía 3. Muestras de calicatas .....	54
Fotografía 4. Levantamiento batimétrico de secciones transversales.....	60
Fotografía 5. Afloramiento del basamento dentro del lecho mayor .....	72
Fotografía 6. Afloramiento del talud de la terraza aluvial.....	73
Fotografía 7. Barra de desplazamiento.....	75
Fotografía 8. Barra longitudinal N°1.....	76
Fotografía 9. Barra longitudinal N°2.....	76
Fotografía 10. Barra longitudinal N°3.....	77
Fotografía 11. Barra longitudinal N°4.....	77
Fotografía 12. Margen erosivo de la isla .....	78
Fotografía 13. Barra lateral N°1.....	79
Fotografía 14. Barra lateral N°2.....	79
Fotografía 15. Depósito de canal de inundación .....	80
Fotografía 16. Lecho mayor de inundación .....	80
Fotografía 17. Lugar de confluencia de la quebrada Cachaquitos .....	81
Fotografía 18. Geometría del depósito aluvial la Cruz .....	89
Fotografía 19. Cobertura vegetal de la isla fluvial .....	90
Fotografía 20. Caudal extraordinario y de estiaje causado por “El niño 2017” .....	92

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

<b>A.S.T.M</b>	American Society for Testing and Materials
<b>G.P.S</b>	Sistema de Posicionamiento Global
<b>I.N.E.N</b>	Servicio Ecuatoriano de Normalización
<b>Ma.</b>	Millones de años
<b>M.D.T</b>	Modelo de elevación Digital del Terreno
<b>P.D.Y.O.T</b>	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
<b>P.M.A</b>	Plan de Manejo Ambiental
<b>S.E.N.A.M.H.I</b>	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
<b>T.I.R</b>	Tasa Interna de Retorno
<b>U.T.M</b>	Universal Transversal Mercator (Sistema Universal de Coordenadas)
<b>V.A.N</b>	Valor Actual Neto
<b>W.G.S 84</b>	World Geodetic System, 1984.

## 1. TÍTULO

“DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DEL DEPÓSITO ALUVIAL DEL RÍO MACARÁ UBICADO EN EL SECTOR “LA CRUZ”, PERTENECIENTE AL CANTÓN MACARÁ, PROVINCIA DE LOJA”.

## **2. RESUMEN**

El presente trabajo de investigación es una propuesta de explotación de los agregados pétreos del depósito aluvial del río Macará ubicado en el sector La Cruz, mediante la aplicación de un método de explotación acorde a las características del terreno, que permita desarrollar de manera sostenible y prolongada el ejercicio de la actividad minera. La metodología empleada para la elaboración del diseño de explotación enfatiza el cálculo de reservas, y el estudio de distintos parámetros técnicos inherentes a la selección del método de explotación, como: topografía, geología, hidrología, hidráulica, y geomorfología. Con base en el método explotación, se describió las labores de explotación con proyección a alcanzar un volumen de producción anual que abastezca la demanda local. Como componente final del diseño, se realizó la evaluación ambiental y económica del proyecto para justificar su viabilidad.

## **ABSTRACT**

This research work is a proposal for the exploitation of the stone aggregates of the alluvial deposit of the Macara river located in the La Cruz sector, through the application of a method of exploitation according to the characteristics of the terrain, which allows the sustainable and prolonged development of the mining activity. The methodology used for the elaboration of the exploitation design emphasizes the calculation of reserves, and the study of different technical parameters inherent to the selection of the exploitation method, such as: topography, geology, hydrology, hydraulics, and geomorphology. Based on the exploitation method, the exploitation tasks were described with a projection to reach an annual production volume that supplies the local demand. As a final component of the design, the environmental and economic evaluation of the project was carried out to justify its viability.

### 3. INTRODUCCIÓN

Los agregados pétreos albergados en llanuras de inundación o en depósitos de ríos aluviales, constituyen un insumo fundamental en la industria creciente de la construcción debido a su calidad física y química, caracterizada por la escasa presencia de finos (arcillas, limos) y alto equivalente en arena como resultado del proceso de segregación natural que sufren al ser transportados y acumulados por la corriente de los ríos.

Estos tipos de depósitos suelen poseer baja cohesión, por lo que su explotación suele llevarse a cabo directamente por equipos mecánicos a un solo banco, y a profundidades inferiores a los veinte metros con rebajamiento del nivel freático, lo cual requiere de menos inversión y exige de menos gastos operacionales en su producción a diferencia de otros tipos de explotaciones de pétreos como por ejemplo las de cantera.

Dicha rentabilidad conduce casualmente a individuos o empresas locales de la industria de la construcción a explotar este recurso natural mediante métodos de explotación que se ajustan más a la maquinaria disponible que a las condiciones físicas del medio fluvial, o a replicar métodos de explotación desarrollados en medios fluviales distintos al sitio de aplicación, lo que en consecuencia provoca el desaprovechamiento del recurso, y el desequilibrio de la dinámica natural de los ríos por el desencadenamiento de procesos erosivos, cambios en la morfología, desbalance en el transporte de sedimentos, etc.

No obstante, todo indica que la falta de recursos económicos no es el obstáculo para desarrollar una explotación eficiente, sino la carencia de estudios multidisciplinarios (geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, y batimétricos) en la fase inicial del proyecto que orienten al diseño e implementación de un método armónico con el ambiente.

Por tal motivo, el presente trabajo pretende ser un ejemplo práctico, en el que se estudia todos los aspectos anteriormente mencionados para elaborar el diseño de explotación de los agregados pétreos del depósito aluvial “La Cruz”, el cual permita el aprovechamiento óptimo del recurso, y consiga eludir y reducir los impactos ambientales a generarse por la minería tanto en medio fluvial como en el rivereño del río Macará. El método de explotación se limita a la excavación por tajos paralelos al cauce en los sectores de

agradación previamente identificados considerando la profundidad máxima de excavación y las riveras susceptibles a la erosión.

### ***Objetivo general***

Diseñar el sistema de explotación de los agregados pétreos del depósito aluvial del río Macará, ubicado en el sector “La Cruz”, perteneciente al cantón Macará, provincia de Loja.

### ***Objetivos específicos***

- ✓ Sobre la base del levantamiento topográfico y geológico del área de estudio, realizar la cubicación de material pétreo existente en el depósito.
- ✓ Determinar los parámetros geológicos-mineros del depósito para el diseño del sistema explotación.
- ✓ Descripción de las labores mineras bajo prácticas ambientales y seguridad minera.



## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

La base teórica sobre la que se sustenta el presente proyecto, se describe en los siguientes sub apartados.

### 4.1. Topografía

La topografía es una ciencia aplicada que, a partir de principios, métodos, y ayuda de instrumentos, permite representar gráficamente las formas naturales y artificiales que se encuentran sobre una parte de la superficie terrestre, como también determinar la posición relativa o absoluta de puntos sobre la Tierra, (Jimenez Cleves, 2007).

Los procedimientos destinados a lograr la representación gráfica se denominan levantamiento topográfico, y al producto se le conoce como plano, el cual, contiene la proyección de los puntos de terreno sobre un plano horizontal, ofreciendo una visión en planta del sitio levantado. El levantamiento consiste en la toma o captura de los datos que conducirán a la elaboración de un plano.

#### 4.1.1. Divisiones de la topografía

La topografía se divide en:

- *Planimetría*: Es la parte de la topografía que se refiere a la posición de puntos y su proyección sobre un plano horizontal.
- *Altimetría*: Es la parte de la topografía que tiene por objeto el estudio de los métodos y procedimientos para representar el relieve del terreno.
- *Levantamientos*: Conjunto de operaciones requeridas para obtener la posición de puntos.

### 4.2. Geología

Para Dercourt-Paquet la geología analiza el ambiente físico del hombre con la finalidad de extraer leyes; se enfrenta con objetos de talla infinitamente variables y no se limita al análisis de la Tierra en su forma actual, sino que intenta reconstruir su pasado, investigando los fenómenos antiguos que quedaron plasmados y fosilizados. Así, la geología es la ciencia de la tierra que estudia el origen, composición, estructura y los fenómenos que se han producido en ella desde su génesis hasta la actualidad. Una definición científica de la

geología sería que es la combinación matemática, física, química y biológica, como estudio de la Tierra tal como hoy existe, y de los procesos y estados a través de los cuales ha evolucionado, (Rojas Caballero & Paredes Ángeles, 2008).

La Geología es una ciencia independiente y relativamente joven que necesita los métodos de investigación, principios y leyes de otras ciencias como la química, física, biología y astronomía. Para el científico moderno, la mayoría de fenómenos geológicos pueden ser tratados con el apoyo de la física, química y biología.

### **4.3. Las rocas**

Son agregados naturales de uno o más minerales con proporciones diversas, cuyas masas sólidas resultantes constituyen una unidad de la corteza terrestre. Los procesos geológicos en la formación y evolución de la tierra son de tipo exógeno y externo; cada tipo de proceso da lugar a la formación de una serie de rocas características.

A través del estudio de la estructura de la roca, de su composición y de la forma de ocurrencia, el geólogo reconstruye el proceso que la originó y su posterior evolución. No obstante, las rocas para su mejor conocimiento y comprensión, se agrupan en unos pocos grupos o clases y se diferencian por su origen o minerales que las componen y las transformaciones que sufrieron a través del tiempo geológico (Rivera M. Hugo, 2001).

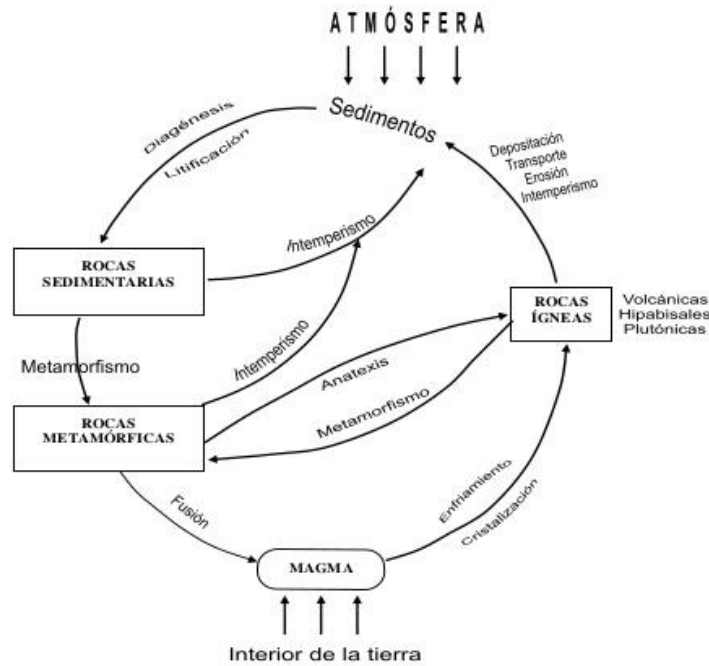
#### **4.3.1. Génesis de las rocas**

Examinando la totalidad de las rocas que constituyen la corteza terrestre, encontramos que, por su modo de ocurrencia y su génesis, todos quedan comprendidos en tres grandes grupos: rocas ígneas (del latín *ignis*, fuego), rocas sedimentarias (del latín *sedimentum*, sedimento), y rocas metamórficas (del griego *metamorphosis*, transformar). Desde luego, la diferencia básica entre estos grupos de rocas es genética.

A partir de la **figura 1** se deduce que un material primario de origen ígneo (magma), puede enfriarse a gran profundidad para formar las rocas plutónicas o intrusivas; a profundidad intermedia conforman las rocas hipoabisales o subvolcánicas, y en la superficie por la acción de los agentes geológicos, los agentes atmosféricos del intemperismo, y de la erosión, se desintegran y descomponen para dar lugar a los sedimentos que por acción de

los procesos diagenéticos en las cuencas oceánicas se transforman en rocas sedimentarias, (Rivera M. Hugo, 2001).

**Figura 1.** Ciclo evolutivo de las rocas



**Fuente:** (Rivera Mantilla, 2001)

Después de su formación, estas rocas pueden sufrir alteraciones de distinto tipo por acción de las altas temperaturas y presiones (metamorfismo) en el interior de la corteza terrestre transformándose en rocas metamórficas.

Estas rocas por incremento de temperatura y presiones se pueden volver a convertir en magma, o sin pasar por esa etapa, se pueden transformar en rocas ígneas por el proceso de anatexis o granitización, (Rivera M. Hugo, 2001).

### 4.3.2. Rocas ígneas

Las rocas ígneas son las más abundantes de la corteza, suelen ocupar el 90% de la litosfera y tienen por origen la solidificación de una mezcla fundida, llamado magma cuando está dentro de la corteza y lava para el magma que llega a la superficie.

Se denomina magmatismo a toda la serie de procesos geológicos relacionados con la fusión de grandes masas de rocas en el interior de la corteza hasta su enfriamiento y solidificación, cuando las condiciones de temperatura y presión lo permiten, (Rivera M. Hugo, 2001).

### **4.3.3. Rocas sedimentarias**

Todas las rocas que afloran sobre la superficie terrestre están expuestas a los ataques de los agentes meteóricos y a la acción de los organismos. Esto altera a las rocas preexistentes, lo que deja como resultados materiales residuales y fragmentos de rocas inconsolidadas, a los cuales se les conoce como sedimentos.

Estos materiales en forma de partículas sólidas en suspensión y en solución se depositan en cuencas sedimentarias, a temperaturas y presiones ordinarias, ya que, por procesos de la litificación y la diagénesis, que se efectúa en los fondos marinos, lagos, etc., se convierten en rocas endurecidas llamadas rocas sedimentarias. Por tanto, los productos de la meteorización mecánica y química constituyen la materia prima para este tipo de roca.

El estudio de estas rocas tiene gran importancia por las siguientes razones: tres cuartas partes de la superficie terrestre están cubiertas por estas rocas; por ser receptáculo, en la mayoría de los casos, de petróleo, gas natural, carbón y minerales, además de números materiales esenciales para la industria de la construcción, y por su contenido de restos fósiles, herramientas esenciales y vitales para el estudio del pasado geológico, por tanto, es fundamental este grupo de rocas a partir de las cuales permiten reconstruir los detalles de la historia de la tierra, (Rivera M. Hugo, 2001).

### **4.3.4. Rocas metamórficas**

Las rocas metamórficas constituyen el tercer tipo de rocas más importante, que resulta de la transformación de rocas preexistentes por procesos metamórficos que implican la participación activa del calor, la presión y los fluidos químicamente activos, debajo de la corteza.

Una porción de la corteza continental se compone de ese tipo de rocas que conjuntamente con rocas ígneas constituye el basamento cristalino que yace debajo de las rocas sedimentarias. Este basamento se encuentra en regiones de los continentes conocidos como escudo; en Sudamérica se encuentra los escudos: brasileño, de la Patagonia, y la Guyana, habiéndose encontrado las rocas metamórficas más antiguas en el Escudo Canadiense con 3960 Ma.

El estudio de las rocas metamórficas es importante porque proporcionan información sobre los procesos geológicos que participan en su transformación y evolución en el tiempo, y sirven de cantera de material de construcción y ser receptáculo de minerales económicos, (Rivera M. Hugo, 2001).

#### 4.4. Agregados pétreos y/o áridos

Los materiales pétreos y/o áridos son un conjunto de materiales de composición mineral, naturales o artificiales, generalmente inertes, usados en la construcción de obras civiles.

Los agregados naturales provienen de las rocas y se obtienen por un proceso de fragmentación natural como el intemperismo y la abrasión o mediante un proceso físico mecánico hecho por el hombre (*ver figura 2*); en ambos casos conservan las propiedades físicas: densidad, porosidad, textura, resistencia al intemperismo y composición mineralógica de la roca madre; estos agregados constituyen un factor determinante en la economía, durabilidad y estabilidad en las obras civiles, (López, 2003).

**Figura 2.** Grava y piedra triturada



Fuente: (Langer W. , 2003)

Estos materiales granulares sólidos inertes se emplean en los firmes de las carreteras con o sin adición de elementos activos y con granulometrías adecuadas; se utilizan para la fabricación de productos artificiales resistentes, mediante su mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica (cementos, cales, etc.) o con ligantes asfálticos. (M. R. Smith & L. Collis, 1994).

#### 4.4.1. Criterios de clasificación de los materiales pétreos

Los criterios de clasificación más importantes de los materiales pétreos, atienden a la naturaleza (composición mineralógica), origen (procedencia) y tamaño de sus partículas. El siguiente esquema sintetiza su clasificación, (*ver figura 3*).



Fuente: (Blázquez, 2000)

Elaboración: Autor

A continuación se describe las clasificaciones más importantes de los materiales pétreos:

##### ***4.4.1.1. Clasificación según su naturaleza mineral***

La idoneidad de un determinado árido depende principalmente de una serie de factores relacionados con las características intrínsecas de la propia roca, aunque pueden influir de manera notable aspectos como su correcta fabricación, transporte y puesta en obra, (Blázquez, 2000).

A continuación, se sintetiza los principales grupos de rocas utilizados como áridos en la industria de la construcción, (*ver tabla 1*).

**Tabla 1.** Principales rocas y sus características como materiales de construcción

Naturaleza	Roca	Método de excavación	Fragmentación	Susceptibilidad a la meteorización
Ígnea	Granito Diorita	Explosivos	Fragmentos irregulares que dependen del uso de los explosivos	Probablemente resistente
	Basalto	Explosivos	Fragmentos irregulares que dependen de las juntas y grietas	Probablemente resistente
	Toba	Arranque mecánico o Explosivos	Fragmentos irregulares muchas veces con finos en exceso	Algunas variedades se deterioran rápidamente
Sedimentaria	Arenisca	Arranque mecánico o Explosivos	En lajas, dependiendo de la estratificación	Según la naturaleza del cementante
	Conglomerado	Arranque mecánico o Explosivos	Exceso de finos dependiendo del cementante	Algunas se alteran para formar arenas limosas
	Limonita Lutitas	Arranque mecánico	Desde pequeños bloques a lajas	Muchas se desintegran rápidamente para formar arcilla
	Caliza Masiva	Explosivos	Fragmentos irregulares muchas veces lajas	Las vetas pizarrosas se deterioran, pero las otras son resistentes
Metamórfica	Cuarcita	Explosivos	Fragmentos irregulares muy angulosos	Probablemente resistente
	Pizarras Esquisto	Explosivos	Fragmentos irregulares o ajeados, según la foliación	Algunas se deterioran con procesos de humedecimiento y secado
	Gneis	Explosivos	Fragmentos irregulares muchas veces alargados	Probablemente resistente

**Fuente:** Modificado de (López, 2003)

**Elaboración:** Autor

#### ***4.4.1.2. Clasificación según su procedencia***

De la manera que se obtiene los agregados pétreos, se establece una clasificación en función de su lugar de procedencia, (Blázquez, 2000):

- *Áridos naturales:* Dentro de este grupo se engloban aquellos áridos que se encuentran ya machacados naturalmente, pudiendo ser directamente empleados tal y como se

encuentran en la naturaleza; únicamente es necesario someterlos a un proceso de selección, refinado y clasificación por tamaños.

- *Áridos artificiales o de machaqueo*: obtenidos a partir de la disgregación de macizo rocoso, empleando generalmente procedimientos de voladura con explosivos. Necesitan un mayor tratamiento que los anteriores, por lo que son procesados en plantas de machaqueo; en ellas, el material es limpiado, machacado, clasificado.
- *Áridos pétreos sintéticos industriales*: Este grupo lo componen materiales de diversa índole, como productos de desechos o subproductos de procesos industriales, materiales calcinados, procedentes de demoliciones y reciclado de firmes existentes o áridos manufacturados con características mejoradas.

#### 4.4.1.3. Clasificación según su tamaño

Los productos finales obtenidos al largo de las actividades de extracción y tratamiento de áridos son separados y clasificados por tamaños. Según López, (2003) se distinguen tres grupos de áridos en función de sus propiedades generales y granulometría, (*ver tabla 2*).

**Tabla 2.** Clasificación de los áridos según su tamaño

Tamaño de la partícula en mm	Denominación Corriente	Clasificación
Pasante del tamiz N° 200 inferior a 0.002 mm Entre 0.002 – 0.074 mm	Arcilla Limo	Fracción fina o finos
Pasante del tamiz N° 4 y retenido en el tamiz N° 200 Es decir entre 4.76 mm y 0.074 mm	Arena	Agregado fino
Retenido en el tamiz N° 4 Entre 4.76 mm y 19.1 mm (N° 4 y 3/4") Entre 19.1 y 50.8 mm (3/4" y 2") Entre 50.8 mm y 152.4 mm (2" y 6") Superior a 152.4 mm (6")	Gravilla Grava Piedra Rajón, Piedra bola	Agregado Grueso

**Fuente:** (López, 2003)

**Elaboracion:** Autor

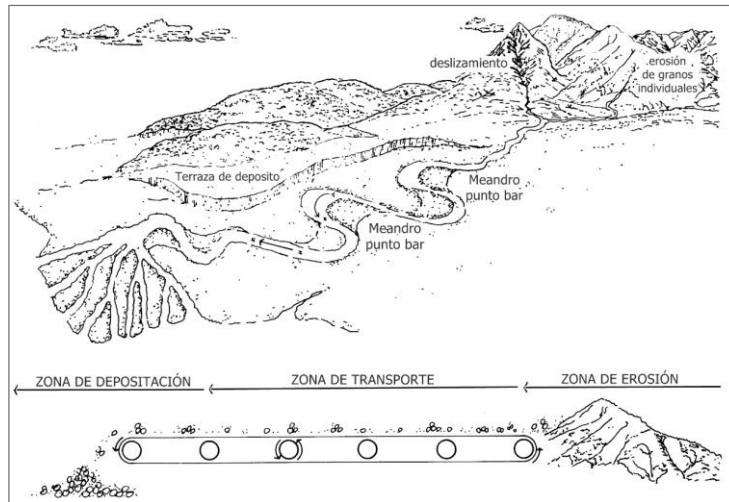
#### 4.5. Génesis de los depósitos de material de arrastre

Los depósitos de material de arrastre son el resultado de la concentración natural por procesos fluviales meteorizantes que desintegran fragmentos y partículas minerales de las rocas del basamento, sometidas posteriormente por las corrientes fluviales a procesos de transporte, abrasión y sedimentación, (Ministerio de mina y Energia de Colombia, 2013)



En la génesis de los materiales de arrastre se consideran tres fases: erosión, transporte, y depositación, (**ver figura 4**) que corresponden a una sola actividad singular.

**Figura 4.** Zonas de erosión, transporte y depositación, y cauce del río como banda transportadora de sedimentos.



**Fuente:** Modificado de (Kondolf, 1997)

Para el desarrollo de los procesos hay que considerar una serie de factores incidentes como son:

- El gradiente de corriente (pendiente de la superficie del agua) que influye en la velocidad.
- La profundidad y amplitud del cauce, área de la sección transversal y perímetro mojado.
- El caudal y su regularidad (entiéndase caudal como agua y sedimentos en  $m^3/s$ ).
- La forma y regularidad de la sección transversal del cauce.
- La dirección o alineamiento del canal.
- Resistencia de las paredes y el fondo del cauce, su aspereza y rugosidad.
- La carga de sedimentos que recibe la corriente.
- La competencia y la capacidad de la corriente.

Los procesos que intervienen en la génesis de los materiales de arrastre (erosión, transporte y sedimentación), se describen a continuación:

### 4.5.1. Erosión

- *Socavamiento linear en el fondo y en los lados del valle:* Relacionado con el caudal de la corriente, con la inclinación del cauce, con la resistencia de los materiales y con la regularidad de los caudales.
- *Desprendimientos y desplomes laterales de materiales:* Debido a la acción de las aguas de infiltración se presentan socavamientos de la corriente de agua en la base de las paredes del valle.
- *Erosión por el agua precipitada en la cabecera de los valles erosionales:* Produce regresión progresiva, alargamiento del valle y reducción en la altura de las divisorias.

### 4.5.2. Transporte

En este proceso los materiales aluviales son transportados por el agua, achicados, modificados por el choque contra las paredes del cauce y redondeados, siendo sorteados por tamaño, forma y densidad, (Ministerio de mina y Energía de Colombia, 2013). La carga de sedimentos transportada por las corrientes y sus fuentes se clasifica como:

- Detritos y solutos proporcionados por los procesos de pendiente (denudación en general).
- Sedimentos desprendidos del propio lecho del río.
- Materiales producidos por la erosión y remoción gravitacional de las bancas u orillas del cauce.
- Depósitos re trabajados de terraza y planos inundables.
- Detritos producidos por acción glacial.
- Carga de desechos minerales y orgánicos que el hombre arroja a las corrientes.
- Los materiales eólicos (arenas, loes, cenizas) que caen directamente sobre las corrientes.

### 4.5.3. Depositación

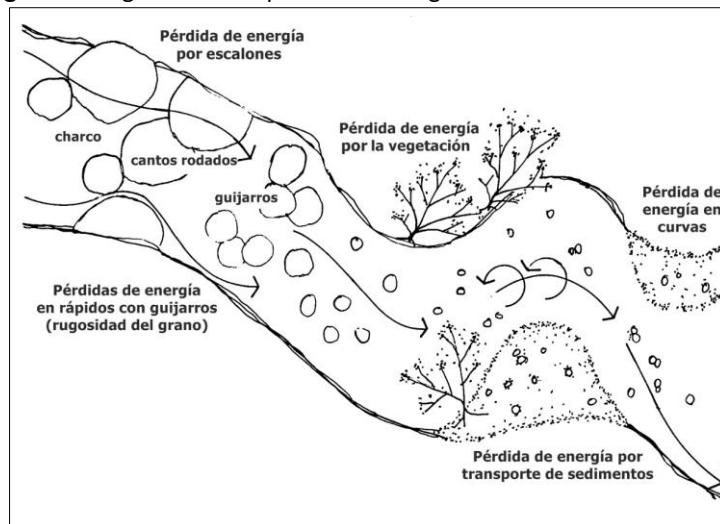
La depositación de la carga de sedimentos de una corriente tiene lugar por medio del proceso de sedimentación diferencial. Esta se da en función de la carga y las características de los elementos transportados. Primero cesan de rodar los cantos más grandes, seguidos por los guijarros, gravas, arenas gruesas y medias, y finalmente la arena fina, limos que

transportados en suspensión precipitan al lecho, (Ministerio de mina y Energía de Colombia, 2013).

El proceso de sorteamiento de material, según granulometría trabaja en dos direcciones:

- *Gradiente textural longitudinal.* - Se da cuando un sistema de agua (diseminado, desbordado) con carga en suspensión está sobre una superficie a nivel con iguales condiciones de clima y material parental. El sistema pierde energía por incremento de la fricción (**ver figura 5**) provocando que las partículas se depositen selectivamente en la dirección longitudinal de flujo, que van de las más gruesas a las más finas.

**Figura 5.** Diagrama de disipación de energía en el cauce de un río.



Fuente: Modificado de (Kondolf, 1997)

- *Gradiente textura vertical.* - Determinado por la decantación (separación) selectiva de partículas en suspensión, dado que cuando la energía de transporte se reduce en un mismo sitio decanta primero las gruesas y luego las más finas. Está relacionada con el tiempo de precipitación que caracteriza a cada fracción.

#### **4.6. Estudio de transporte de sedimentos y morfodinámica de ríos aluviales**

Los ríos que fluyen en cauces constituidos por los sedimentos que ellos mismos han erosionado, transportado y depositado, a través de su historia, se conocen con el nombre de ríos aluviales

La geomorfología de los ríos aluviales es el resultado de la interacción entre el flujo hídrico y el cauce de material granular sedimentario que lo contiene. Tal interacción origina

complejos procesos de transporte de sedimentos y procesos de erosión-sedimentación a lo largo de los cauces fluviales. De este modo, se trata de sistemas naturales dinámicos, cuyas respuestas son complejas y varían en el tiempo y en el espacio con diferentes escalas, lo cual implica la inexistencia de una única solución para los problemas reales que plantea la hidráulica fluvial.

Por lo tanto, el estudio del transporte de sedimentos y la morfodinámica fluvial es importante para avanzar en su conocimiento y generar metodologías adecuadas para el planeamiento, diseño, proyecto, construcción, operación y mantenimiento de obras de ingeniería fluvial, cuyos propósitos son el control y/o aprovechamiento, gestión y preservación de los recursos hídricos de un territorio, (Basile Pedro, 2018).

#### **4.6.1. Pasos metodológicos para el estudio de ríos aluviales**

Para abordar el estudio del transporte de sedimentos y los complejos procesos de cambios morfológicos en ríos aluviales se recomiendan realizar los siguientes pasos metodológicos, (Basile Pedro, 2018):

*a) Análisis hidromorfológicos cualitativos.* - Esta parte del análisis se realiza sobre la base de datos concernientes caudales líquidos y sólidos, el tipo de cauce, condicionantes geológicos, características sedimentológicas del cauce, estabilidad del cauce, tendencias evolutivas históricas de erosión/sedimentación del lecho, cambios morfológicos de la configuración planimétrica, cambios de la sección transversal, cambios en el perfil longitudinal y en las características de composición granulométrica del lecho. Esta información puede utilizarse en conjunción con datos de la cuenca de aporte, tales como, régimen hidrológico, uso del suelo en el pasado y en el presente, y características de la cuenca en relación a litología, suelo, cobertura vegetal, aportes sólidos, obras de saneamiento, desarrollos urbanísticos, aprovechamientos hidroeléctricos, etc. De esta manera se pueden identificar y caracterizar los procesos dominantes, que serán usados en el siguiente paso.

*b) Análisis hidromorfológicos cuantitativos.* - en el segundo paso se pueden desarrollar relaciones geomorfológicas cuantitativas mediante ecuaciones de regresión que involucren las variables principales del problema, se pueden realizar relevamientos batimétricos, mediciones hidro-sedimentológicas específicas, aplicar ecuaciones de

transporte de sedimentos, realizar balances sólidos, etc. Este análisis permite verificar las conclusiones preliminares obtenidas en el paso de análisis cualitativos, realizar el control de la caracterización del problema y también identificar otras áreas que deberían ser estudiadas e investigadas con mayor detalle.

c) *Modelación física y/o matemática.* - es requerido una vez que se identificaron las áreas que necesitan un análisis con mayor nivel de profundidad. Los modelos físicos se utilizan con éxito cuando las escalas espaciales son reducidas, por ejemplo, para abordar el estudio de erosiones en correspondencia de estructuras, tales como pilas y estribos de puentes, espigones, vertederos, alcantarillas, etc. Además, los datos de la modelación física pueden, a su vez, ayudar a calibrar un modelo matemático en un proceso de retroalimentación.

#### **4.7. Explotación de materiales de construcción en canteras y graveras**

La extracción de los minerales de construcción se realiza a través de la minería a cielo abierto o superficial. Para estos efectos se aplican métodos mecánicos secos y químicos (cuando hay voladuras) de excavación, con el fin de obtener los minerales. Las operaciones están compuestas por una serie de procesos que incluyen la remoción de la cubierta vegetal, perforaciones, voladuras y traslado del material a plantas de procesamiento, (Herrera Herbert, 2006).

##### **4.7.1. Cantera**

Cantera es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Constituyen, con mucho, el sector más importante en cuanto a número, ya que desde muy antiguo se han venido explotando para la extracción y abastecimiento de materias primas con uso final en la construcción y en obras de infraestructura, (Herrera Herbert, 2006).

El término “cantera” se reserva a aquellas explotaciones donde los materiales beneficiables se extraen de un macizo rocoso; para estos materiales de cantera, las técnicas de perforación y voladura, como arranque, y de carga con palas sobre volquetes.

Las canteras pueden subdividirse en dos grupos:

- El primero, donde se desea obtener un todo-uno fragmentado apto para alimentar a las plantas de tratamiento y obtener un producto destinado a la construcción en forma de áridos, a la fabricación de cementos, a la fabricación de productos industriales, etc. En este tipo de explotación se dan canteras donde la extracción no es cuidadosa y se dan grandes alturas de banco.
- El segundo, dedicado a la explotación cuidadosa de grandes bloques paralelepíedicos, que posteriormente se cortan y elaboran. Estas explotaciones se caracterizan por el gran número de bancos que se abren para arrancar los bloques y la maquinaria especial con la que se obtienen planos de corte limpios.

#### 4.7.2. Gravera

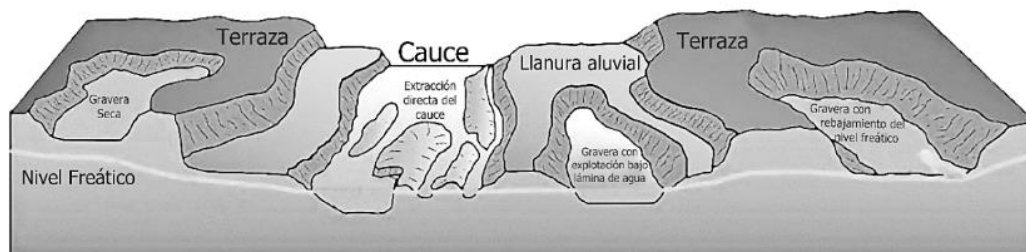
A aquellas explotaciones de materiales detríticos, como son las arenas y las gravas, albergados en los depósitos de valle y terrazas de los ríos, se les denomina “gravera”. Los materiales detríticos son objeto de una explotación intensa debido a la demanda del sector de la construcción. Las arenas y los cantos rodados se encuentran poco cohesionados, por lo que las labores de arranque se efectúan directamente por equipos mecánicos. Las explotaciones suelen llevarse a cabo en un solo banco, cuando las formaciones se encuentran en niveles altos, se utilizan equipos convencionales, como son las palas cargadoras de ruedas y los volquetes, (Herrera Herbert, 2006).

Sin embargo, es frecuente que los materiales se presenten en contacto con el subalveo o los acuíferos infrayacentes, empleándose entonces otros equipos mineros como son las dragas, las dragalinas o las raspas, dando lugar a la posterior formación de lagunas. Se distinguen tres tipos de graveras (***ver siguiente figura 6***), según las condiciones del medio en donde se trabaja, de las cuales tenemos:

- *Graveras secas.* - Consisten en excavaciones tridimensionales hasta alcanzar el fondo previsto o lecho del depósito de gravas y arenas. Estas explotaciones se localizan en las terrazas altas de los depósitos fluviales y se trabaja siempre por encima del nivel del río o, en su caso, del nivel freático. Según la profundidad, el avance se realiza con un frente único o escalonado en varios bancos.

- *Graveras con explotación bajo lámina de agua.* - En estas explotaciones el nivel freático se encuentra muy próximo a la superficie o a una cierta profundidad cuando el paquete productivo es de gran potencia. Por ello, la extracción se realiza total o parcialmente bajo el agua. En la mayoría de los casos se lleva un solo banco con una altura igual a la de la profundidad del hueco inundado. Solo cuando la parte alta del depósito se encuentra seca, la extracción se hace con un método mixto, pudiendo emplearse equipos distintos en cada zona.
- *Graveras con rebajamiento del nivel freático.* - El método se basa en la depresión del nivel freático mediante un conjunto de pozos de bombeo perimetrales al área de explotación que permiten trabar en una red de zanjas excavadas por debajo del nivel de extracción con pantallas de impermeabilización. En cualquier caso, requiere disponer y mantener un equipo permanente de bombas para mantener el nivel de agua a la altura deseada.

**Figura 6.** Extracción de áridos en entornos situados próximos o dentro de la corriente



**Fuente:** Modificado de (Langer, 2003)

#### 4.8. Estimación de reservas minerales

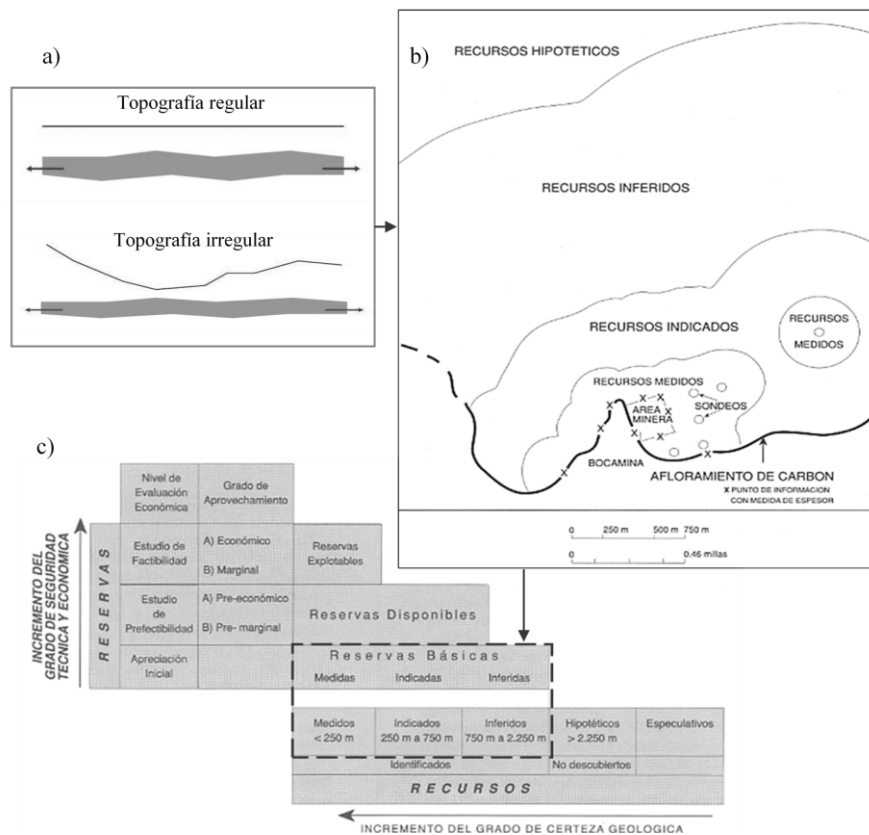
Por estimación de recursos entendemos la determinación de la cantidad de materia prima contenida en un yacimiento o en una de sus partes. La mayoría de los recursos y reservas se calculan en toneladas métricas, la de metales preciosos (oro, plata y platino) se calculan en kilogramos; los diamantes en quilates y las reservas de gas natural, arena, piedras para la construcción, agua subterránea, se estiman en metros cúbicos.

Esta cuantificación formal de las materias primas minerales y materiales, estimada por procedimientos empíricos o teóricos se denomina "Inventario Mineral", el cual se expresa en términos de recurso y de reservas; para el caso de las reservas de los materiales de construcción hay que tener en cuenta las propiedades físicas y químicas (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2013).

#### 4.8.1. Clasificación de las reservas

Considerando que los yacimientos de agregados pétreos tienen similares características a los yacimientos de carbón (horizontales, extensos, tabulares, etc.); las categorías de los recursos y reservas se definen en medidas, indicadas, e inferidas, de acuerdo a su certeza geológica, seguridad técnica y seguridad económica, (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2013), **ver figura 7.**

**Figura 7.** Sistemas de clasificación de recursos y reservas



**Fuente:** Sistemas de clasificación de Recursos y Reservas de Carbón, 1995.

**Elaboración:** Autor

- **Medidas.** - Los puntos de Información distan hasta 500 m el uno del otro, lo que equivale a un radio de influencia de hasta 250 m, contados a partir de un punto de información.
- **Indicadas.** - Los puntos de información distan entre 500 y 1.500 m el uno del otro, lo que equivale a una influencia de hasta 500 m comprendida entre los 250 m y los 750 m, contados a partir de un punto de información.



- *Inferidas.* - Los puntos de información distan entre 1.500 y 4.500 m el uno del otro, lo cual equivale a un área de influencia de hasta 1.500 m, comprendida entre los 750 y los 2.250 m, contados a partir de un punto de información.

#### 4.8.2. Variables para definir las reservas de un depósito mineral

Para definir las reservas de un depósito de mineral o material se deben tener en cuenta las siguientes variables, (Vadillo Fernández, 1994):

- Delimitación del yacimiento según el área del contrato de concesión.
- Determinación de la superficie del depósito (m<sup>2</sup>).
- Determinación de la potencia o espesor (m).
- Definición del peso específico del mineral, material (Ton/m<sup>3</sup>).
- Determinación de las propiedades físico-mecánicas del material, mineral, macizo rocoso.
- Otras de las variables a considerar son la topografía del terreno, geología, economía, incluyendo aspectos ambientales, sociales, legales y/o políticos que pueden restringir la explotación de todo o parte del material o del recurso mineral.

#### 4.8.3. Métodos para la cuantificación de reservas de áridos

Para determinar el volumen y tonelaje de áridos que se encuentran en una zona, es suficiente con multiplicar el espesor medio de la capa de áridos por el área ocupada por esta, en donde a fórmula se define como:

$$V_T = A * P_m$$

Donde:

$V_T$  = Volumen total

$A$  = Área del polígono de reservas

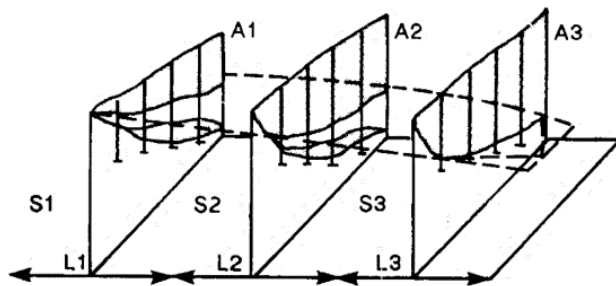
$P_m$  = Profundidad media de referencia

El tonelaje de reservas se estima multiplicando el volumen de reservas cubicado por la densidad media del material. Cuando el espesor es variable, se puede recurrir a algunas técnicas de evaluación que actualmente son apoyadas por sistemas informáticos, (Vadillo Fernández, 1994). Los más importantes se describen a continuación:

#### 4.8.3.1. Método de las secciones transversales adyacentes

Se trazan secciones geológicas verticales en las que a intervalos regulares se representa la forma del depósito y el área que ocupa en cada sección y dentro del hueco proyectado. La reserva se calcula multiplicando el área de cada sección por la equidistancia entre ellas y sumando a continuación los volúmenes obtenidos, **(ver figura 8)**.

Figura 8. Método de secciones verticales o de perfiles



$$(1) \quad V_T = \sum A_i * L_i$$

Donde:

$V_T$  = volumen total de áridos ( $m^3$ )

$A_i$  = área del depósito en la sección S1 ( $m^2$ )

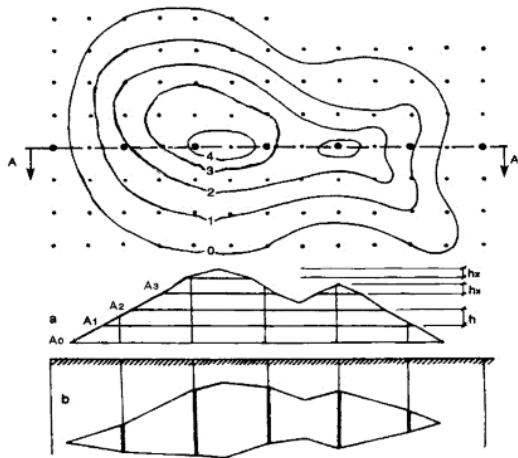
$L_i$  = espesor del bloque representado por la sección S1 (m)

Fuente: (Vadillo Fernández, 1994)

#### 4.8.3.2. Método de las isolíneas

El depósito se transforma en un cuerpo de volumen similar, apoyado sobre un plano horizontal. El número de isolíneas se elige de acuerdo con el grado de complejidad del depósito. Se pueden utilizar dos fórmulas para el cálculo del volumen del yacimiento. En el primer caso el volumen parcial entre dos isolíneas se calcula como si fuera un cilindro, en el segundo como un tronco de pirámide, **(ver figura 9)**.

Figura 9. Método de las isolíneas



Donde:

$A_i$  = área del depósito entre isolíneas ( $m^2$ )

$h$  = distancia entre isolíneas (m)

$\pm h_x$  = Pico (+) o depresión (-)

sobre o bajo la última isolínea,  $h_x$

o  $h/2$

Fuente: (Vadillo Fernández, 1994)

El volumen total del depósito vendrá dado por:

- Cálculo del volumen parcial entre dos isólinas como un cilindro.

$$(1) V = h \left( \frac{A_0}{2} + A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1} + \frac{A_n}{2} \right) + \frac{1}{3} * A_n * h_x$$

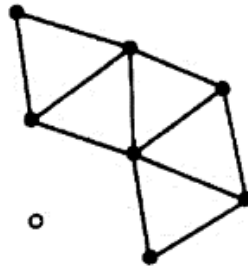
- Calculando el volumen parcial entre dos isólinas como un tronco de pirámide

$$(2) V = \frac{h}{3} (A_0 + \sqrt{A_0 * A_1} + 2 * A_1 + \sqrt{A_1 * A_2} + \dots + 2 * A_{n-1} + \sqrt{A_{n-1} * A_n} + A_n) + \frac{1}{3} * A_n * h_x$$

#### 4.8.3.3. Método de triangulación

Se basa en unir los sondeos o datos puntuales mediante rectas, formando un mallado triangular, (**ver figura 10**). Cada triángulo es la base de un prisma imaginario con una potencia determinada. Los datos de calidad del prisma se obtienen como media aritmética o media ponderada para las potencias de cada uno de los tres sondeos del triángulo.

Figura 10. Método de triangulación

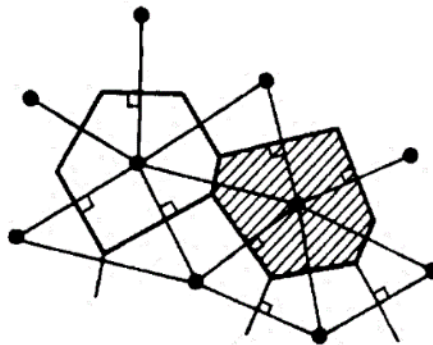


Fuente: (Vadillo Fernández, 1994)

#### 4.8.3.4. Método de polígonos

Se divide el yacimiento en polígonos determinados por las mediatrices de los segmentos que unen los sondeos, (**ver figura 11**). Dentro de cada polígono se supone constante la potencia dada por cada sondeo, por lo que el volumen de cada dato se calcula multiplicando el área del polígono por el espesor testificado en el sondeo.

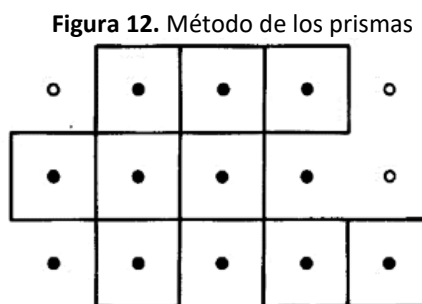
Figura 11. Método de los polígonos



Fuente: (Vadillo Fernández, 1994)

#### 4.8.3.5. Método de los prismas regulares

El depósito se divide en planta según una malla regular, de forma que pasa a estar constituido por prismas rectos de sección regular, (**ver figura 12**) cuyo volumen viene dado al multiplicar la altura o profundidad individual de cada uno por su área. El volumen total es la sumatoria del volumen de todos los prismas.



Fuente: (Vadillo Fernández, 1994)

#### 4.9. Métodos de explotación de graveras

Los métodos de explotación más conocidos y utilizados en graveras respecto al medio donde trabajan, se sintetizan a continuación en la **tabla 3 y tabla 4**.

**Tabla 3.** Métodos de explotación de graveras dentro del cauce activo

Métodos	Características
<b>Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavador</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Doble función y carga de material.</li> <li>- Se usa en zona seca del cauce o donde la profundidad sea menor.</li> <li>- Favorece la extracción por capas.</li> <li>- Es la forma más eficiente, ya que no necesita cargador</li> </ul>
<b>Extracción mediante trampas de sedimentación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las dimensiones de las trampas obedecen a las características físicas del río y a la granulometría del material y la capacidad de recuperación de los materiales del río.</li> <li>- Cada vez que se recargan debe retirarse el material.</li> <li>- Se usa mejor en la obtención de materiales de granulometría fina.</li> </ul>

**Fuente:** Guía de gestión ambiental para la minería no metálica, UICN, 2009

**Elaboración:** Autor

**Tabla 4.** Métodos de explotación de graveras fuera del cauce activo

Métodos	Características
<b>Extracción paralela con tractor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remueve los materiales a una profundidad constante.</li> <li>- Forma pequeños apilamientos dentro del cauce.</li> <li>- Los materiales deben ser cargados con la mayor brevedad posible por el cargador, para evitar que sean removidos por la corriente y aumente la erosión de los márgenes.</li> </ul>
<b>Extracción con camino paralelo al río</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los materiales de un extremo del río se acumulan hacia el otro extremo formando una especie de acceso al cauce.</li> <li>- El camino sirve para el paso de las vagonetas en seco.</li> <li>- La pala hidráulica va eliminando el camino y a la vez va cargando las vagonetas.</li> </ul>
<b>Extracción con camino paralelo al cauce y con espolones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se emplea en ríos muy caudalosos y de mucha profundidad.</li> <li>- Los espolones son acumulaciones en forma de dique que se realizan con rocas de gran tamaño.</li> <li>- Se ubican transversalmente a la corriente o en ángulo que favorezca el depósito de la grava.</li> <li>- La pala hidráulica y las vagonetas acceden al río por un camino mínimo a la margen dentro del cauce, y luego se mueven por el espolón para recoger el material.</li> <li>- El camino funciona como barrera para los efectos de la erosión en ese extremo del cauce.</li> <li>- Los espolones son estructuras temporales que se eliminan cuando terminan las labores de remoción de materiales acumulados.</li> </ul>

**Fuente:** Guía de gestión ambiental para la minería no metálica, UICN, 2009

**Elaboración:** Autor

#### **4.10. Operaciones mineras para la extracción de agregados pétreos**

Las operaciones mineras son un conjunto de actividades que se ejecutan para desarrollar un proyecto minero. Dependen de la magnitud y del alcance de este en el tiempo, por lo tanto, es importante tener en cuenta estudios que garanticen la variabilidad de la explotación, (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2013).

- a) *Preparación.* - En la práctica observada, cuando se requiere descapote o despalme, que se refiere a retirar la vegetación y la capa superficial de suelo que cubre al yacimiento, lo que puede realizarse mediante tractores; aunque generalmente se realiza inadecuadamente afectando la calidad del producto a granel.

- b) *Extracción.* - Los métodos de extracción varían en función del grado de consolidación que presenten los materiales, en el caso de materiales que presenten bajo grado de consolidación, se utiliza medios mecánicos convencionales. La mayoría de las explotaciones se realizan a cielo abierto mediante la apertura de uno o varios frentes de explotación (lugar de donde se saca el material) que avanzan en una determinada dirección. En el caso de que la potencia del yacimiento a explotar sea elevada, la extracción se acomete mediante la apertura de dos o más bancos de explotación escalonados (SIEMCALSA, 2008).
- c) *Cargue.* - Es la operación de cargue del mineral o estéril al sistema de transporte definido y puede ser de dos formas:
- *Método Cíclico.* - Se utilizan herramientas, como: palas de empuje, cargadores, retroexcavadoras, dragalinas, y grúas de almejas. Este método consiste en llenar el cucharón, cargue y despacho del vehículo de acarreo.
  - *Método Continuo.* - Se utiliza la rueda de cangilones que alimenta bandas transportadoras. Esta es una actividad en forma sucesiva e interrumpida.
- d) *Acarreo.* - Es el traslado del material o mineral arrancado hasta el sitio de acopio o planta de beneficio, así como el estéril es llevado a los botaderos. Para estas actividades se utilizan camiones auto-descargantes o bandas transportadoras.
- e) *Acopio.* - Es el almacenamiento del material extraído de la mina para su comercialización o posterior beneficio y uso. Las áreas de acopio deben estar en función de cantidad de material a extraer, el tiempo de almacenamiento y tipo de material. Entre los sistemas de almacenamiento se encuentran:
- *Almacenamiento en pila.* - El descargue del material se hace en volquetas luego se procede al arrume del material con tractor de llantas, orugas, y el cargue del material con cargador.
  - *Almacenamiento en silos.* - Se realiza a través de bandas transportadoras. Descargue directo a camiones u otro medio de transporte, para luego ser llevado a los sitios de consumo.

## 5. MATERIALES Y METODOLOGÍA

### 5.1. Materiales

Los materiales utilizados para la recolección de datos en campo y posterior procesamiento en oficina se detallan en la **figura 13**.

**Figura 13.** Materiales utilizados en el desarrollo del proyecto



**Elaboración:** Autor

### 5.2. Metodología de la investigación

El diseño metodològico del proyecto se estructuró bajo un tipo de investigación transversal, dado que la recolección de datos fue realizada durante el año 2017, en un solo punto en el tiempo; observando, midiendo, y describiendo las variables cuantitativas y cualitativas de la muestra (llámese depósito aluvial La Cruz), valiéndose de la observación directa como técnica de estudio.

Las labores de campo y de oficina estuvieron implícitas en el desarrollo de los objetivos específicos, permitiendo así, recolectar, clasificar, y analizar la información de campo y oficina, posteriormente interpretada en los resultados de la investigación.

### 5.2.1. Primer objetivo específico

*“Sobre la base del levantamiento topográfico y geológico del área de estudio, determinar las características y cantidad de material pétreo existente en el depósito”*

El proceso metodológico que se utilizó para caracterizar la topografía, geología, y reservas del depósito, se detalla a continuación:

#### 5.2.1.1. Levantamiento topográfico

El estudio y caracterización de la topografía local se sustentó en las siguientes labores:

- Levantamiento en campo
- Confección del mapa topográfico

El desarrollo de estas labores se describe a continuación:

##### 5.2.1.1.1. Levantamiento topográfico en campo

Se realizó el levantamiento topográfico en el mes de julio después de finalizada la época de lluvias, tiempo en que la dinámica fluvial cesa de modificar la geomorfología del depósito aluvial.

La preparación de esta labor consistió en ubicar y señalar dos puntos de partida en un sitio de fácil acceso y gran visibilidad para establecer la poligonal del levantamiento de “tipo abierta”. Las coordenadas de dichos puntos se obtuvieron con un G.P.S Garmin (Modelo 550t) utilizando el sistema de referencia U.T.M / WGS 84 - Zona 17 Sur, (**ver tabla 5**).

**Tabla 5.** Puntos de partida del levantamiento topográfico

Nombre	Norte (Y)	Este (X)	Elevación (Y)
Estación A (Punto Partida)	9515811	612733	374
Estación B (Auxiliar)	9515806	612679	374

**Elaboración:** Autor

Posteriormente se procedió al montaje y nivelación de una estación total “Trimble S6” en el primer punto de partida designado como “Estación A”, (**ver fotografía 1**), mientras que en el segundo punto designado como “Estación B” se irguió un prisma de reflexión; que a través de una relación geométrica lineal del ángulo y distancia entre la “estación B” y la



“estación A” se conformó la poligonal abierta del levantamiento topográfico, para iniciar la toma de nuevos puntos del terreno.

**Fotografía 1.** Punto de partida del levantamiento topográfico



**Fuente:** Autor (Fecha de captura: 29-07-2017)

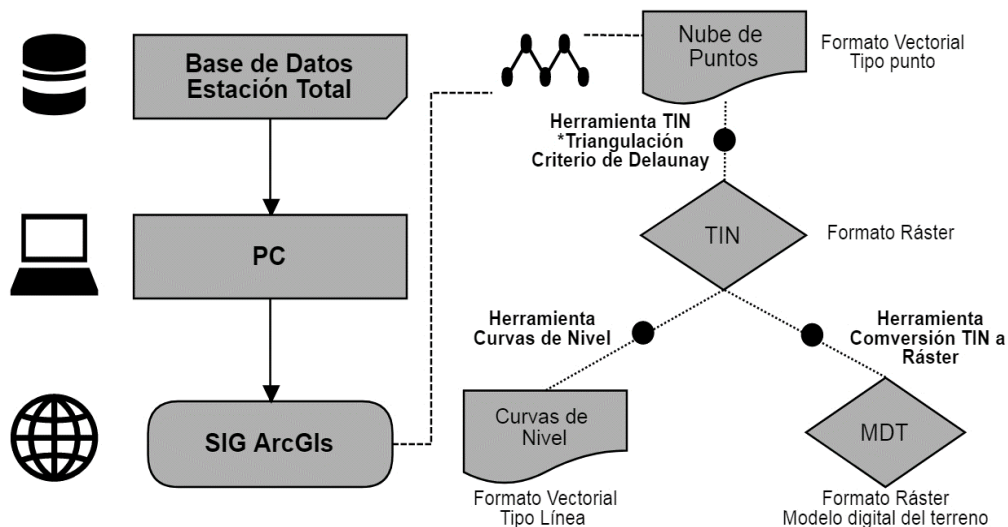
El levantamiento se desarrolló con la ayuda de un operador, un asistente, y tres cadeneros, logrando levantar las riberas, el lecho mayor del río, y demás geo-formas del tramo local. Dicha labor culminó en el lado este del área de estudio con un total de 1372 puntos.

#### *5.2.1.1.2. Confección del mapa topográfico*

El mapa topográfico se confeccionó en el software ArcGis utilizando la nube de puntos de la estación total Trimble S6; información que fue descargada en formato “.csv”, y tabulada en formato “.txt” para que pueda ser abierta en cualquier aplicación de oficina. Posteriormente, en el módulo del programa se realizó la revisión y triangulación de los puntos topográficos para la generación de la superficie digital del terreno (curvas de nivel y modelo digital del terreno); este proceso se sintetiza en la **(figura 14)**.

La representación planimetría del relieve se realizó con curvas de nivel primarias a 1 metro y curvas secundarias a 0.25 metros, para apreciar un mayor detalle de la superficie, gracias a la densidad de puntos obtenida en el trabajo de campo (1372 puntos / 17 ha.). El lecho mayor del río, la isla fluvial, y otras características del terreno fueron representadas mediante polígonos y líneas, según la proporción geométrica de las áreas y linderos.

**Figura 14.** Elaboración de curvas de nivel y M.D.T en ArcGis



Elaboración: Autor

El resultado final fue la confección del mapa topográfico del depósito aluvial a escala de trabajo 1:1000, y escala de impresión a 1:2.500, en base a la estructura general de mapas propuesto por COONGAGE & IGM, 2012 en el documento técnico “Requisitos mínimos de información marginal para la cartografía temática”.

### 5.2.1.2. Caracterización de la geología local

La caracterización de la geología local se sustentó de las siguientes labores:

- Mapeo de afloramientos.
- Mapeo de estructuras sedimentarias.
- Investigación y muestreo mediante calicatas.
- Confección del mapa geológico y perfiles geológicos.
- Análisis de la calidad media del material pétreo en laboratorio.

El desarrollo de estas labores se describe a continuación:

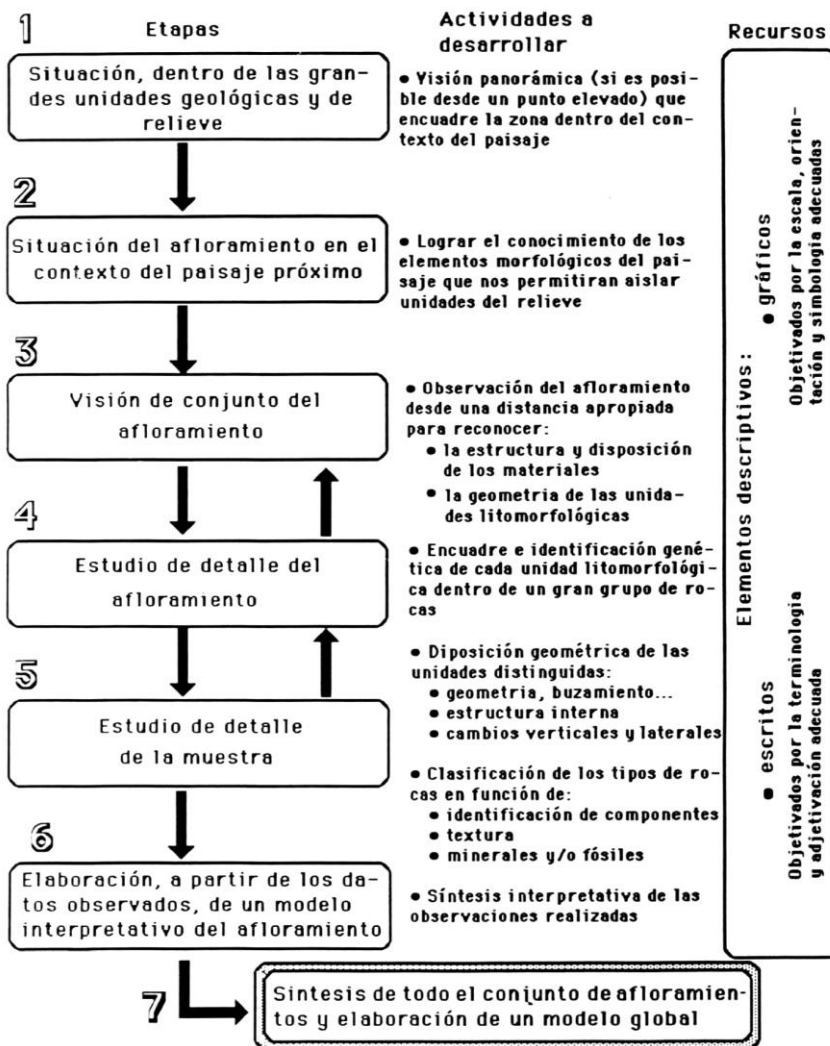
#### 5.2.1.2.1. Mapeo de afloramientos

Preliminar al trabajo de campo, se realizó la recopilación y análisis de la información técnica disponible de la geología regional dentro del contexto de la cuenca hidrográfica del río Macará, para la identificación las formaciones “fuente” de detritos aluviales, y unidades geológicas que afloran en área del estudio. Los recursos consultados fueron: Mapa

Geológico Binacional “Región Norte del Perú y Sur del Ecuador” a escala 1:500,000 y Proyecto Multinacional Andino “Geología de Ecuador y Perú entre 3°S y 6°S” correspondientes a INGEMENT y DINAGE, realizados en abril del 2005. Una vez en campo, se procedió a realizar el mapeo de afloramientos para la corroboración de la información regional y levantamiento de información local a mayor detalle. El proceso metodológico adoptado para la descripción de afloramientos, fue el propuesto por (Bach, Brusi, Domingo, & Obrador, 1988), (*ver figura 15*); que empieza por enmarcar la zona del afloramiento dentro de las grandes unidades geológicas para luego realizar las observaciones de menor a mayor detalle, a modo de “zoom”, permitiendo así conocer el contexto geológico general del afloramiento.

**Figura 15.** Actividades orientadas a realizar el mapeo de afloramientos

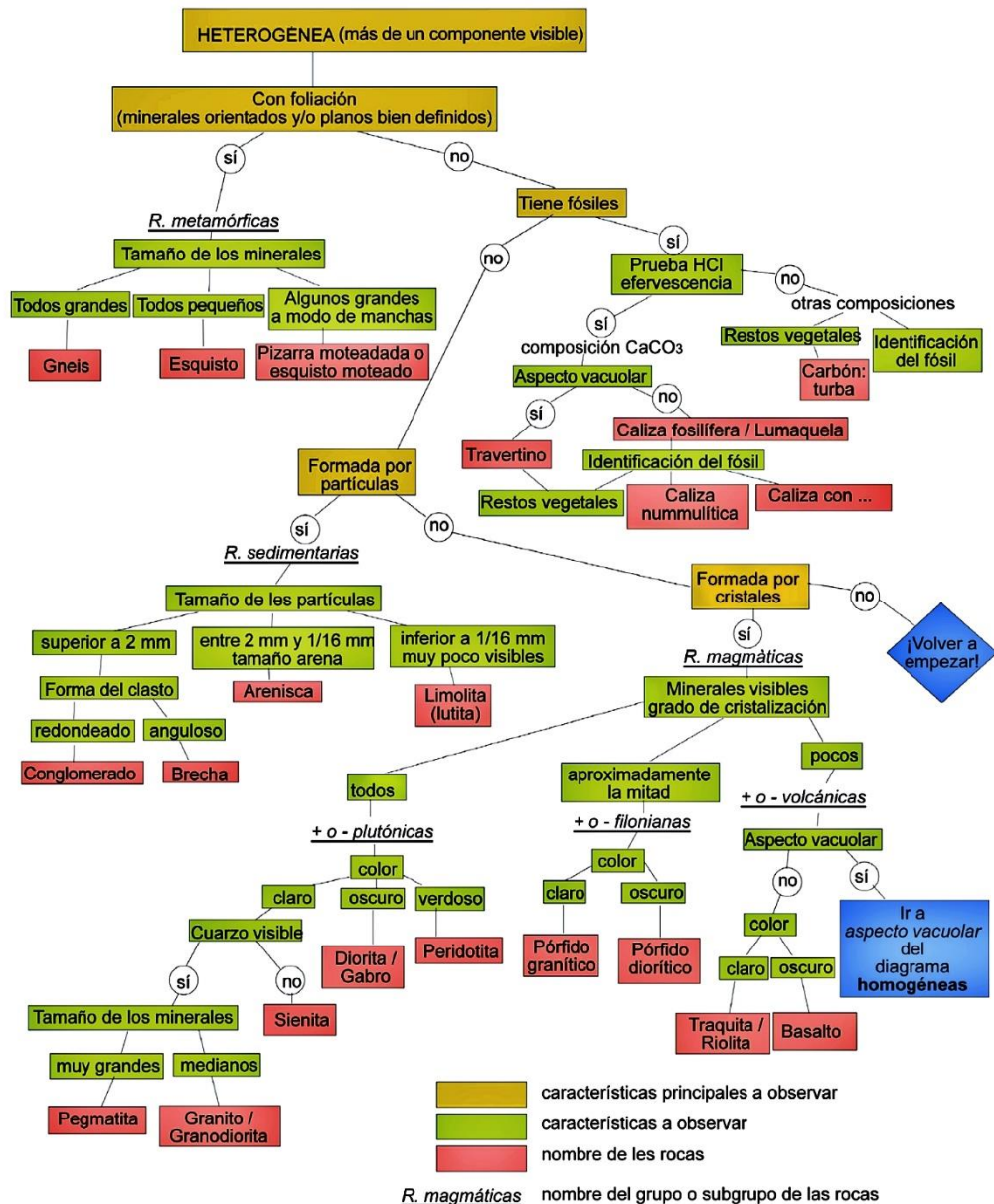
**Jerarquización de las observaciones de campo**



Fuente: (Bach, Brusi, Domingo, & Obrador, 1988)

Por otro lado, la identificación de rocas y minerales de afloramientos y detritos se realizó de modo “de visu”, en base a las directrices propuestas por (Pozo, Gonzales, & Giner, 2004). Un diagrama de flujo que sintetiza de manera elemental dicho proceso, es el propuesto por (Bach, Zarroca, Estrada, & Poch, 2012) para la identificación de rocas heterogéneas (**ver figura 16**). El cual, señala el método para distinguir de modo sistemático alrededor de veinte tipos de roca, mediante la observación de sus características físicas, como: orientación de sus componentes, presencia de partículas o cristales, tamaño de sus componentes y su forma, porcentaje de minerales visibles, color y tamaño de los minerales.

**Figura 16.** Diagrama de flujo para identificación de rocas heterogéneas



Fuente: (Iniciación a la identificación de las rocas, 2012)

De este modo, se logró mapear 13 afloramientos (*ver más adelante en resultados geología local*); las herramientas utilizadas para la recolección de datos, fueron: G.P.S (Garmin t50), brújula (Brunton), baliza, martillo geológico y una lupa; las características litológicas y de orientación de cada afloramiento fueron registradas en fichas individuales adaptadas al grado de investigación, (**ver Anexo 1**).

#### 5.2.1.2.2. Mapeo de estructuras sedimentarias

Finalizado el mapeo de afloramientos, se dio paso al mapeo en planta de las macroformas sedimentarias fluviales (barras, islas, depósitos de canal, etc.), orientado a reconocer los sitios de agradación de material pétreo.

**Fotografía 2.** Mapeo de las macro-formas sedimentarias fluviales del río



**Elaboración:** Autor (Fecha de captura: 28-09-2017)  
UTM / WGS 84 (Y: 9515841 X: 613086)

Con la ayuda de G.P.S, brújula y mapa topográfico se realizó el recorrido en campo para mapear y levantar dicha información (**ver fotografía 2**); los resultados fueron contrastados y trazados en el mapa topográfico a través de polígonos, los cuales fueron posteriormente generalizados por sus límites y contornos en la representación cartográfica.

#### 5.2.1.2.3. Investigación y muestreo a través de calicatas

Con el fin de determinar la distribución granulométrica vertical y muestreo del material pétreo, fueron excavadas tres calicatas con la ayuda de una retroexcavadora Caterpillar 416E. Para dicho trabajo, el número de calicatas dependió fundamentalmente del tamaño y uniformidad del depósito; sus ubicaciones fueron designadas en los sitios más representativos a lo largo del terreno, y separadas del cauce para trabajar en condiciones secas. Las coordenadas UTM/WGS84 de las calicatas, se detallan en la (**tabla 6**).

**Tabla 6.** Coordenadas de calicatas y/o puntos de muestreo

Nombre	Este (X)	Norte (Y)	Elevación (Z)	Profundidad
Calicata 1	613156	9515904	376	1.05 m
Calicata 2	612928	9515921	375	1.6 m
Calicata 3	612692	9515814	374	1.78 m

**Elaboración:** Autor

En cuanto a las dimensiones de las calicatas, estas fueron proporcionales al tamaño del cucharón de la retroexcavadora, y a la profundidad del nivel freático. Su caracterización geométrica y espacial se realizó con la ayuda de un G.P.S y una baliza métrica, siendo registrada en fichas de campo adaptadas al tipo y grado de investigación (**ver Anexo 2**).

Posterior a la caracterización individual, se extrajo una muestra representativa del material excavado de cada calicata, para los realizar los respectivos ensayos de calidad del material pétreo, (**ver fotografía 3**).


**Fotografía 3.** Muestras de calicatas



**Fuente:** Autor

El protocolo de muestreo realizado, consistió en la recolección y almacenamiento manual del material (entre arenas y grava) de la pila de excavación en función del volumen requerido en laboratorio para los ensayos de calidad (60 kg). Los materiales utilizados para la labor de muestreo fueron una pala, y tres costales dobles de polipropileno. Realizado el almacenamiento, se procedió a colocar las etiquetas de muestreo (**ver tabla 7**) y su codificación numérica Ej. "PROYECTO TJ-1", para que puedan ser identificadas en el laboratorio de suelos, ubicado en la ciudad de Loja.

**Tabla 7.** Modelo de etiqueta de muestras

<b>Nombre de Proyecto</b>			
<b>Fecha</b>		<b>Código de muestra</b>	
<b>Peso</b>		<b>Tipo de muestra</b>	
<b>Sector</b>		<b>Objetivo de muestreo</b>	
<b>Coordenadas</b>	X	Y	Z
<b>Enviada por</b>			
<b>Recibida por</b>			

**Elaboración:** Autor

#### 5.2.1.2.4. Análisis de la calidad media del material pétreo

En laboratorio, las tres muestras de campo fueron homogenizadas y reducidas a una muestra unitaria con el fin de determinar la “Calidad media del material pétreo”. Sobre dicha muestra se realizaron como mínimo los siguientes ensayos de cumplimiento de calidad (**ver tabla 8**) de acuerdo a normas INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización), y normas A.S.T.M (American Society for Testing and Materials).

**Tabla 8.** Análisis y ensayos realizados para reconocer la calidad del material pétreo.

<b>Norma</b>	<b>Detalle</b>
Norma técnica ecuatoriana INEN 696	Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.
Norma técnica ecuatoriana INEN 861 (< 50%)	Determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas menores a 19 mm mediante el uso de la máquina de Los Ángeles
ASTM C- 128	Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Finos.
ASTM C- 127	Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Grueso.

**Elaboración:** Autor

#### 5.2.1.2.5. Confección del mapa y perfiles geológicos

En oficina, los datos geológicos obtenidos en el mapeo de afloramientos, estructuras sedimentarias, e investigación por calicatas, fue analizada e incorporada en el sistema de información geográfica “ArcGis”, para la confección del mapa y perfiles geológicos.

Los atributos litológicos, espaciales, y de orientación de estos datos fueron digitalizados a escala 1:1000 y superpuestos en la topografía local representada por las curvas de nivel (modelo vectorial “.shp”).

Para la representación de las características geológicas del terreno, se creó diferentes capas temáticas de modelo vectorial (Ej. puntos, líneas, polígonos), según la proporción específica de superficie de cada variable.

La simbolización de las variables que conforman el mapa, fue realizada en base al catálogo de símbolos, texturas y colores del programa. Por último, la estructura e información marginal se realizó en base las especificaciones consideradas en la elaboración del mapa topográfico, utilizando el mismo sistema y datum de proyección UTM - WGS 1984 - Zona 17 Sur.

### **5.2.1.3. Calculo de reservas del material pétreo**

El cálculo de las reservas “in situ” del material pétreo, se sustentó en dos metodologías aplicables a estimaciones volumétricas para comparar entre ellas sus resultados y reducir el grado de incertidumbre.

La primera metodología consiste en un análisis geométrico computarizado de dos modelos digitales de terreno (M.D.T) confeccionados en el software ArcGis a partir de la nube de puntos del levantamiento topográfico. El primer M.D.T delimita el área de explotación, y el segundo, establece el nivel de referencia a profundidad, (**ver figura 17**).

**Figura 17.** Vista de perfil de los modelos digitales de terreno



**a).** - Modelo digital del terreno del polígono de reservas.

**b).** - Modelo digital del terreno de referencia a profundidad.

**Elaboración:** Autor

El M.D.T que delimita el área explotación, contempla exclusivamente el área de depósito aluvial, excluyendo las barras dentro del cauce, y los bancos de depósitos ubicados al margen opuesto del río, ya que la explotación no afectará el cauce activo.



En cambio, el segundo M.D.T que establece el nivel de referencia a profundidad, fue establecido de acuerdo al valor de la media de las profundidades máximas de excavación de las calicatas de investigación por dos motivos; el primero, es que este valor generaliza el cálculo en toda el área de explotación, y el segundo, es que hasta esa profundidad se tiene certeza de la distribución granulométrica vertical.

La confección de este modelo M.D.T, se logró utilizando la frontera de puntos topográficos que intersectan la orilla, restando de su cota la profundidad de referencia establecida; permitiendo así proyectar la pendiente natural del terreno. Posteriormente estos puntos fueron prolongados perpendicularmente hacia el área de explotación para para rellenar la superficie total del M.D.T.

Creados los dos M.D.T, se realizó la comparación geométrica entre las redes de triángulos de ambas superficies con la ayuda de la herramienta “Diferencia de superficie”. Durante el proceso la red de triángulos irregulares de cada M.D.T se intersecta y forma polígonos para luego calcular su área y volumen.

La ecuación utilizada para determinar el volumen total del terreno, se define como:

$$V_m = \sum_{i=1}^n V_i$$

Donde:

$V_m$  = Volumen total

$V_i$  = Volumen de cada polígono

En cambio, la segunda metodología utilizada para el cálculo de reservas consiste en un análisis geométrico simple, ya que, dada la regularidad del terreno el volumen del material puede calcularse mediante la multiplicación del área de explotación por la cota media de las profundidades de excavación de las calicatas de investigación.

La fórmula para determinar el volumen total aproximado del terreno, se define como:

$$V_T = A * P_m$$

Donde:

$V_T$  = Volumen total

$A$  = Área del polígono de reservas

$P_m$  = Profundidad media de referencia

### **5.2.2. Segundo objetivo específico**

*“Determinar los parámetros geológicos-mineros del depósito para el diseño del sistema explotación”*

El proceso metodológico con el que se caracterizó los parámetros inherentes a la selección y se realizó planificación del sistema de explotación, se detalla a continuación.

#### **5.2.2.1. Caracterización de los parámetros geológicos-mineros**

Los parámetros geológicos-mineros del depósito aluvial que se estudiaron, fueron: la geometría del depósito y las características hidrológicas e hidráulicas del tramo local.

##### *5.2.2.1.1. Caracterización de la geometría del depósito*

La caracterización geométrica del depósito aluvial se enfocó en el estudio de sus límites, forma, extensión, y regularidad; siendo esta labor sustentada con los datos del modelo digital de terreno obtenido del levantamiento topográfico.

##### *5.2.2.1.2. Caracterización fluvial e hidráulica del tramo local del río*

La caracterización hidrológica e hidráulica, comprendió el estudio de los siguientes parámetros:

###### *a) Estudio del régimen hidrológico*

El estudio del régimen hidrológico se realizó con base en el hidrograma de caudales del río Macará, elaborado por la SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) mediante los aforos de la estación hidrométrica Puente Internacional que está ubicada a 3 km aguas arriba del depósito aluvial. Este estudio tuvo como finalidad establecer el tiempo de operación ante los periodos de aguas altas y bajas del río.

#### *b) Caudales máximo y mínimo*

El reconocimiento de los caudales máximos y mínimos del río Macará se realizó de acuerdo al registro histórico de aforos de la estación hidrométrica Puente Internacional comprendido entre 1973 y el 2001; cuya información está disponible en el estudio Geo ambiental de la Cuenca del río Chira-Catamayo (2006).

Los datos de caudales mínimos y máximos se analizaron con el objeto de obtener información sobre su variación e intensidad, para estimar medidas de preparación y prevención en el proyecto.

#### *c) Estudio de la recarga anual de sedimentos*

El estudio de la recarga anual de sedimentos, se sustentó en la información técnica disponible del informe Geo ambiental de la Cuenca del río Chira-Catamayo 2006, sobre la capacidad de transporte y sedimentación del río Macará. Este estudio se realizó con la finalidad determinar si el volumen de explotación de reservas probadas es anualmente renovable.

#### *d) Estudio de la capacidad hidráulica*

El estudio de la capacidad hidráulica del tramo local tuvo como propósito reconocer la capacidad de transporte de caudales, sobre la base de las características del perfil longitudinal, y levantamiento batimétrico de tres secciones transversales.

La capacidad hidráulica fue analizada bajo la hipótesis de flujo unidimensional en régimen permanente, logrando determinar las velocidades y el caudal en cada sección. Así mismo, dicha información sirvió para proyectar el gasto líquido o caudal necesario para inundar el depósito en determinadas secciones.

La confección del perfil longitudinal se realizó con los datos de modelo de elevación digital de terreno; el levantamiento batimétrico de las tres secciones transversales se realizó con la ayuda de una baliza, una cinta metrada, un G.P.S de precisión, dos estacas, y dos ayudantes, durante la época de estiaje, en los sitios menos sinuosos y sin entrelazamiento del cauce (*ver fotografía 4*). La longitud de las secciones correspondió a la amplitud del espejo de agua en cada tramo, y su orientación perpendicular a la dirección de la corriente.

**Fotografía 4.** Levantamiento batimétrico de secciones transversales



**Fuente:** Autor: (Fecha de captura: 20-12-2017)  
UTM / WGS 84 (X: 613218 - Y: 9515902)

#### *e) Análisis geomorfológico*

El análisis morfológico del tramo local se realizó con la finalidad de observar los cambios de la geomorfología del cauce y riberas del río a consecuencia de los procesos de erosión, transporte, y sedimentación que provoca la dinámica fluvial por el retorno de avenidas extraordinarias y recurrentes.

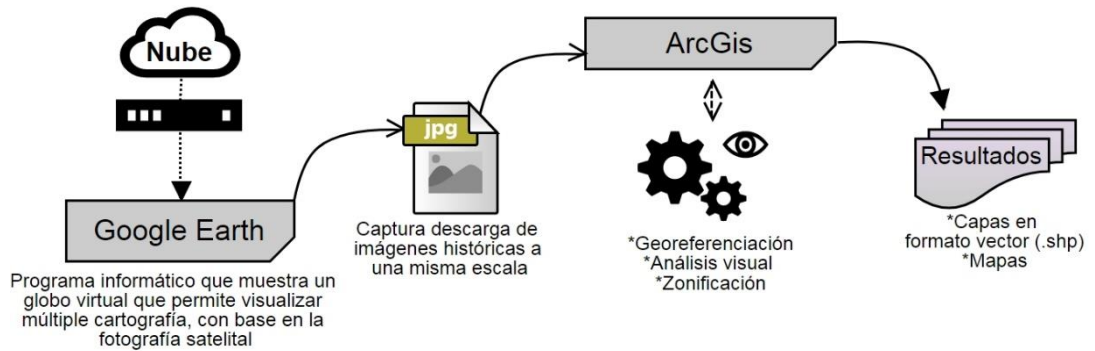
Dicho análisis fue sustentado por el registro cronológico de las evidencias efímeras encontradas en las imágenes históricas de Google Earth (2006, 2010, 2012, y 2016), y evidencias topográficas implícitas en los resultados del levantamiento geológico en campo.

La escala de trabajo utilizada para observar los cambios en la geomorfología del cauce y riberas del río fue de 1:10,000, desde la que fue posible identificar y describir los grandes procesos como: migraciones laterales del cauce, formación de barras, desarrollo de meandros, etc.

La preparación de las imágenes consistió en la captura, descarga, georreferenciación, y zonificación; la captura y descarga se realizó desde Google Earth, la georreferenciación mediante puntos de referencia en ArcGis, y la zonificación sobre la base de los componentes de tono y textura de cada imagen delimitando las características del terreno mediante capas vectoriales en ArcGis.

Una representación gráfica de este proceso se indica en la **(figura 18)**.

Figura 18. Obtención y análisis visual de las capturas de imagen del terreno



Elaboración: Autor

#### f) Zonificación de las riberas por estabilidad frente a la erosión

La zonificación de las riberas por estabilidad, tuvo como finalidad identificar las márgenes más susceptibles a la erosión de acuerdo a los resultados del análisis geomorfológico, diferenciando cuatro categorías:

- *Margen estable.* - Comprende aquellas áreas donde la ocurrencia de acciones erosivas no ha mostrado condiciones de deterioro.
- *Margen ligeramente inestable.* - Comprende aquellas áreas donde la ocurrencia de acciones erosivas ha mostrado pocas condiciones de deterioro.
- *Margen medianamente inestable.* - Comprende aquellas áreas donde la ocurrencia de acciones erosivas ha mostrado fuertes condiciones de deterioro, pero no están activas.
- *Margen inestable.* - Comprende aquellas áreas donde la ocurrencia de acciones erosivas ha mostrado fuertes condiciones de deterioro y están activas (generalmente presentan derrumbes ocasionales).

Los resultados de la zonificación fueron corroborados con los resultados del mapeo de afloramientos, para diferenciar las características geotécnicas de los márgenes de acuerdo a las categorías propuestas.

### ***5.2.2.2. Planteamiento de diseño de explotación***

Para el planteamiento del diseño de explotación, se consideró dos aspectos muy importantes, como:

- Volumen de producción anual
- Elección del método de explotación

El estudio de estos aspectos se describe a continuación:

#### ***5.2.2.2.1. Determinación del volumen de producción***

El volumen de producción anual fue indispensable para proyectar el dimensionamiento de la gravera, y selección de la maquinaria y equipos. Este volumen se determinó en referencia al volumen de producción anual de las empresas mineras locales, estableciendo una producción por sustitución, también conocida como “demanda por sustitución”.

#### ***5.2.2.2.2. Selección del método de explotación***

La selección del método de explotación se realizó sobre la base de los parámetros geológico-mineros antes descritos, realizando un Análisis Multicriterio entre las características técnicas de dos de las opciones más viables de explotación para el depósito aluvial.

### **5.2.3. Tercer objetivo específico**

#### ***“Descripción de las labores mineras bajo prácticas ambientales y seguridad minera”***

La metodología utilizada para desarrollar este objetivo se describe a continuación:

#### ***5.2.3.1. Descripción de labores del método explotación***

Elegido el método de explotación mediante análisis multicriterio, se realizó la planificación de la ubicación de las servidumbres inherentes a la actividad de explotación (campamento, áreas de cribado, patio de acopio, etc.) en base al mapa topográfico. Como segundo paso se realizó la organización y descripción de las labores de minado que comprenden: el desbroce, arranque y carga, transporte, cribado stock.

### ***5.2.3.2. Plan de manejo ambiental***

Para asegurar que las labores de explotación se realicen en armonía con el ambiente, se elaboró el Plan de Manejo Ambiental con base en una evaluación ex ante de impactos ambientales que podrían ocurrir en los medios: abiótico, biótico, y social, del proyecto. Dicha evaluación tuvo un carácter prospectivo y está basada en supuestos, dado a que la explotación esta por desarrollarse.

#### ***5.2.3.2.1. Identificación de impactos ambientales***

Para la identificación de los impactos ambientales a generarse por la explotación de agregados pétreos del depósito aluvial, se empleó como herramienta una matriz de tipo “Causa-efecto” adaptada a la original de Leopold (1971); que presenta en las columnas las actividades del proyecto y, en las filas, los componentes y subcomponentes ambientales, para analizar su interacción y detectar sus posibles impactos.

#### ***5.2.3.2.2. Evaluación de impactos ambientales para su respectiva categorización***

Identificados los impactos del proyecto se procedió a valorarlos de la siguiente manera:

1. Los impactos (positivos o negativos) se identificaron con una diagonal.
  2. En cada casilla con diagonal (interacciones) se indica la magnitud (M) valorada de 1 a 10, y la extensión (E) también valorada de 1 a 10. Los valores serán precedidos de los signos “+” o “-” según corresponda. La presentación de los valores será: M/E. Tanto para la magnitud y extensión la escala de afectación esta ponderada de la siguiente manera: 1 a 3 =Baja, 4 a 6 = Media y 7 a 10 = Alta.
- *Impacto ambiental positivo.* - es aquel admitido como positivo, tanto por la comunidad técnica y científica como por la población en general, en el contexto de un análisis completo de los costos y beneficios genéricos y de los aspectos externos de la actuación contemplada.
  - *Impacto ambiental negativo.* - es aquel cuyo efecto se traduce en pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión o colmatación y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica, el carácter y la personalidad de una zona determinada.

### 5.2.3.2.3. Estructura del plan de manejo ambiental

El Plan de Manejo Ambiental contempla los siguientes sub-planes:

- ✓ *Plan de prevención y mitigación de impactos:* Este plan incluye las medidas para prevenir, mitigar o controlar los impactos adversos producidos durante las fases de operación y mantenimiento.
- ✓ *Plan de manejo de desechos:* Comprende las medidas y estrategias concretas a aplicarse para prevenir, tratar, reciclar, reusar, y disponer los diferentes desechos peligrosos y no peligrosos.
- ✓ *Plan de educación ambiental y difusión:* Se establece un plan de charlas para crear una conciencia ambiental informando sobre los posibles impactos y riesgos que genere el proyecto.
- ✓ *Plan de relaciones comunitarias:* Consta del conjunto de medidas que permitan entablar buenas y mejores relaciones con la comunidad.
- ✓ *Plan de contingencias:* Contiene una serie de medidas y acciones de cumplimiento obligatorio por parte de todos los miembros de la organización, destinados a enfrentar desastres naturales o accidentes propios a la naturaleza de los trabajos.
- ✓ *Plan de salud y seguridad ocupacional:* Establece las acciones necesarias para garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores.
- ✓ *Plan de monitoreo y seguimiento ambiental:* Comprende las acciones que permiten registrar y evaluar el resultado de medidas ambientales diseñadas para contrarrestar las acciones de actividades identificadas como peligrosas.
- ✓ *Plan de cierre y abandono:* Indica los lineamientos, directrices y procedimientos necesarios para el momento en que cesen las actividades productivas.
- ✓ *Plan de recuperación:* Comprende un conjunto de medidas aplicables a los sectores en los cuales ha cesado la extracción de materiales de construcción del macizo rocoso, con el objeto de restituir estos sectores intervenidos, para alcanzar la estabilidad de los terrenos, la rehabilitación biológica de los suelos, la reducción y el control de la erosión, la integración paisajística, entre otros.



### 5.2.3.3. Análisis económico del proyecto

Elaborado el diseño de explotación y el plan de manejo ambiental, se procedió a realizar el análisis económico del proyecto, con base en: la estimación de las inversiones de capital que se precisarían para poner en marcha el proyecto, los costes que demandará la producción, y los ingresos a obtener por venta de material, proyectando así un flujo de caja para 10 años.

La viabilidad del proyecto a futuro, se determinó en base a los índices económicos “VAN y TIR”.

El cálculo del Valor actual neto (VAN), se aplicó en correspondencia a la siguiente fórmula:

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+i)^1} + \frac{Q_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+i)^n}$$

Dónde:

*A*: Inversión inicial del proyecto (USD)

*Q*: Flujos netos de caja de diferentes años (USD)

*i*: Tasa de interés

Por otro lado, la tasa interna de retorno se calculó aplicando la fórmula siguiente:

$$0 = -A + \frac{Q_1}{(1+i)^1} + \frac{Q_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+i)^n}$$

Dónde:

*A*: Inversión inicial del proyecto (USD)

*Q*: Flujos netos de caja de diferentes años (USD)

*i*: Tasa de interés

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Datos generales del área de estudio

#### 6.1.1. Ubicación

El deposito aluvial “La Cruz” se encuentra ubicado al sur-oeste del territorio ecuatoriano dentro de la jurisdicción del cantón Macará - provincia de Loja, en el límite fronterizo entre Ecuador y Perú, (*ver mapa de ubicación Anexo 3*). Encontrándose entre las siguientes coordenadas, (*ver tabla 9*):

Tabla 9. Coordenadas de ubicación UTM/WGS 84 del área de estudio

Nombre	Este (X)	Norte (Y)
PP	613325	9516162
P1	612181	9516162
P2	612181	9515462
P3	613325	9515462

Elaboración: Autor

##### 6.1.1.1. Acceso

La ruta hacia el deposito por vía terrestre desde la capital Quito se puede realizar por la “Troncal de la Sierra - E35”, que atraviesa principales ciudades, como: Ambato, Cuenca, y Loja hasta la ciudad de Macará, realizando un recorrido de 881 km. Posteriormente desde Macará debe tomarse la vía de segundo orden que conduce a Zapotillo, hasta llegar al poblado “La Cruz” ubicado a 4.7 km de camino, (*ver figura 19*).

Figura 19. Ruta vía terrestre hacia el deposito aluvial “La Cruz”

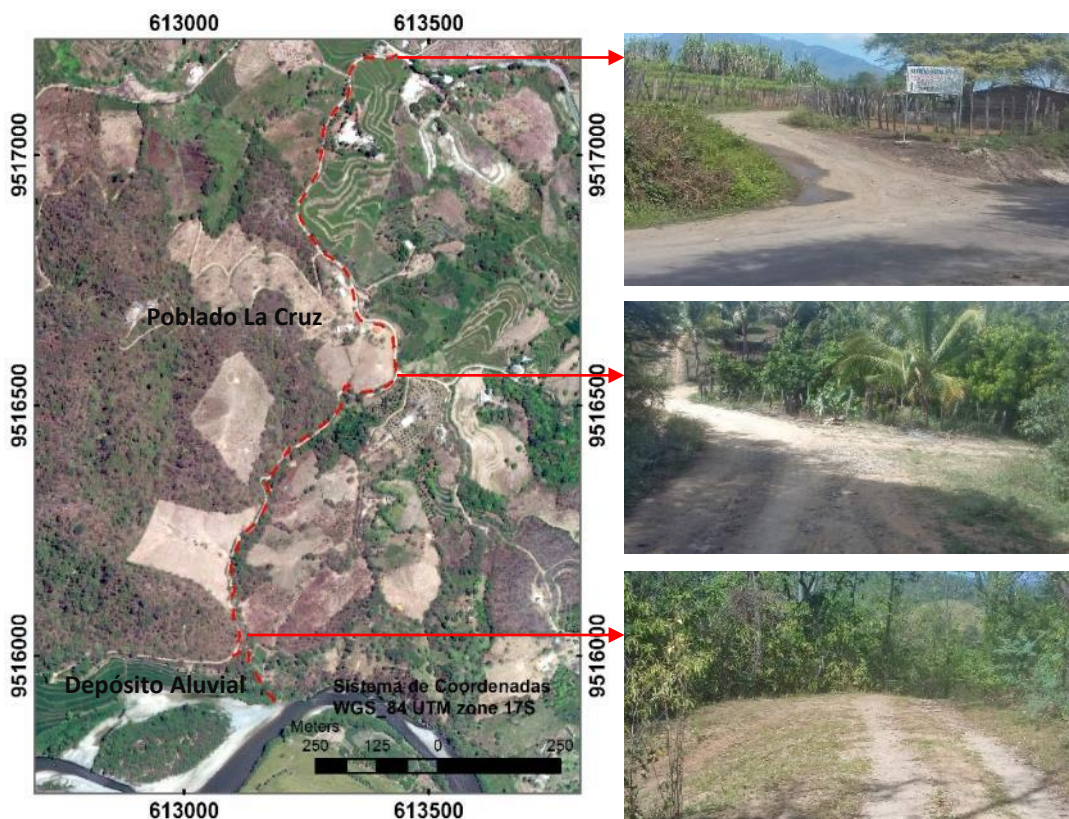


Quito – Ambato: 157 km  
Ambato – Cuenca: 333 km  
Cuenca - Loja: 213 km  
Loja – Macará: 178 km  
Macará – Depósito aluvial La Cruz: 4.7 km

Fuente: Cartografía Básica del IGM

La vía de tercer orden que conduce desde el poblado "La Cruz" al depósito aluvial, se caracteriza por poseer una calzada lastrada de 3.5 metros de ancho y longitud de 1.8 km, que en promedio alcanza una pendiente media de 4.6% con máximos de hasta 13%, (**ver figura 20**). Esta vía sirve de acceso a las diferentes propiedades agrícolas y ganaderas del sector ofreciendo garantía y seguridad al tránsito vehicular. El mantenimiento de esta vía lo realiza el personal técnico del GAD Municipal.

**Figura 20.** Vía de acceso al depósito aluvial La Cruz



Fuente: Google Earth (2016)

Elaboracion: Autor

### 6.1.2. Clima

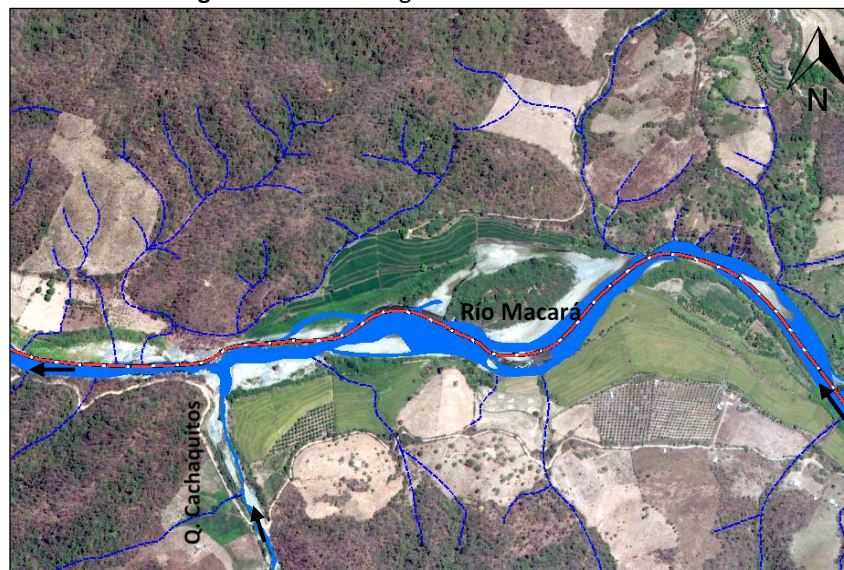
El área de estudio presenta un clima tropical semejante al del cantón Macará, que se clasifica como "Tropical con verano seco", donde la temperatura media anual promedio es de 24.6°C. y la precipitación es de 557 mm., (PDYOT – GAD Macará, 2017). Asimismo, de acuerdo con la información presentada por la Agencia Internacional de Cooperación de Japón en el Informe del diseño básico del Puente Internacional Macará - 2006, respecto a la información climática local, describe; "La precipitación media anual es de 800 mm; el mes más lluvioso lo es marzo cuando ocurre una precipitación mensual de 1,092 mm.

La época de lluvia comienza en diciembre y termina en mayo; el mes menos lluvioso es julio con precipitación mensual de 3 mm, y la época de estiaje comienza en junio y termina en noviembre. La temperatura media anual es de 24.9°C, la humedad media es de 67.0 %, la velocidad media de viento es de 2.1 m/seg. La variación de estos parámetros es relativamente reducida”.

### 6.1.3. Hidrografía

La red hídrica local forma parte de la cuenca hidrográfica del río Macará, que comprende un área de 2856,19 km<sup>2</sup> con afluentes de origen peruano y ecuatoriano (PDYOT-GAD Macará, 2017). Localmente, el tramo del río Macará fluye de este a oeste, y recoge las aguas de todo el sistema de drenajes efímeros y perennes situados alrededor del valle del área de estudio (*ver figura 21 y Mapa de Red Hídrica Anexo 4*), de entre los cuales el más representativo es la quebrada Cachaquitos.

Figura 21. Red hidrográfica del área de estudio



Fuente: Google Earth  
Elaboracion: Autor

#### 6.1.3.1. Quebrada Cachaquitos

La quebrada Cachaquitos nace en territorio peruano en la base del cerro “Pico de Loro”, y tras un recorrido de 18 km aprox. desemboca en el río Macará cerca del hito fronterizo “Cachaco” al oeste del depósito aluvial. Su régimen fluvial es de tipo irregular, por lo que en verano su caudal puede llegar hasta el nivel de estiaje ( $< 0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ ), y en invierno puede causar desbordamientos.

### 6.1.3.2. Río Macará

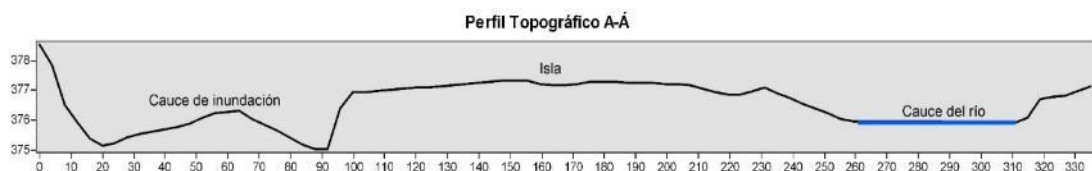
También conocido como río Calvas, nace de la confluencia de los ríos Pindo; cuyas nacientes están en Gonzanamá, y el río Espíndola; que nace en el nudo de Cabanillas, desplazándose hacia el suroeste donde confluencia con el río Sabiango y más adelante con el río Quirós que nace en el Perú, finalmente une sus aguas con el río Catamayo y forman el río Chira; recorriendo alrededor de 120 km desde su nacimiento y se convierte en el límite natural entre Ecuador y Perú. Los principales afluentes por la margen derecha son las quebradas Mandalá y la quebrada Machanguilla; por la margen izquierda, tenemos las quebradas Anchalay y la quebrada Chocan, (Estudio Geoambiental de la Cuenca del río Chira-Catamayo, 2006).

### 6.1.4. Topografía

La topografía del área de estudio está conformada por dos niveles de terreno: la terraza baja del cauce, y la terraza aluvial superior, (**ver Mapa topográfico Anexo 5**).

El primer nivel o terraza baja (**ver figura 22**), destaca en la parte central, describiendo un relieve relativamente llano de 0 a 1 % de pendiente, con cotas que van desde los 370 a los 378 m.s.n.m. Dicho nivel comprende el cauce, el lecho mayor, y el depósito aluvial de 6.9 ha., el cual, se caracteriza por presentar una modificación interanual marcada a causa de la dinámica fluvial y crecimiento de cobertura vegetal. Este nivel no presenta ningún tipo de infraestructura, y su uso del suelo es destinado a la actividad ganadera, su acceso se realiza por el camino vecinal ubicado hacia el “noreste” e inicio del depósito.

**Figura 22.** Perfil transversal del terreno - S57°E



Elaboración: Autor

El segundo nivel o terraza superior, encajona a la terraza baja con desniveles de entre 1 a 4 metros, presenta una superficie labrada relativamente inclinada con pendiente de 0 a 5% para el cultivo de arroz; no posee ningún tipo de infraestructura salvo los linderos de las propiedades agrícolas; sus riberas generalmente presentan buena cobertura vegetal compuesta principalmente por: juncos y carrizos.

## **6.2. Descripción geológica**

### **6.2.1. Geología regional**

El contexto geológico regional del proyecto abarca las principales formaciones geológicas que conforman la cuenca hidrográfica del río Macará, como apoyo en la identificación de las unidades que afloran en el área de estudio, y comprender la naturaleza de los materiales detríticos transportados, y depositados por el sistema de drenajes mayores hasta el depósito aluvial, (*ver Mapa Geológico Regional Anexo 6*).

Las formaciones regionales identificadas se describen a continuación:

#### ***6.2.1.1. Volcánico La Bocana (Ki-vb)***

Presenta dos miembros litológicos característicos: el inferior es esencialmente aglomerádico, de composición andesítico dacítico de estructura generalmente vacuolar, que se intercala con capas delgadas de limolitas, areniscas calcáreas, calizas impuras y grauvacas; la coloración de este nivel varía entre gris verdoso y gris oscuro.

El miembro superior tienen a su vez dos niveles característicos: el más bajo compuesto, por lavas y tobas ignimbríticas ácidas bien estratificadas, en bancos moderados, intercalados con capas delgadas sedimentarias como calizas, margas, etc.; el nivel superior lo componen generalmente brechas andesíticas o aglomerados con cemento, microbrechoide, los que se encuentran intercalados con calizas tobáceas, blanquecinas a veces carbonosas y fosilíferas; y con limolitas o lodolitas calcáreas y arcillitas.

#### ***6.2.1.2. Batolito de Tangula (K-to/di)***

El intrusivo en roca fresca es de color blanco a gris claro, grano medio, textura holocristalina con plagioclasa, cuarzo, hornblenda (poca biotita), además, presenta un débil magnetismo. La roca se la ha clasificado como una granodiorita hornbléndica, en ciertos lugares estas rocas contienen xenolitos de rocas negras con textura afanítica y de diámetro variable, posiblemente provenientes de la roca encajante del Complejo Intrusivo de Tangula (Gordón y Pilatasig, 2006). Por el método “ $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ” se dató una muestra de granodiorita proporcionando una edad de  $93 \pm 1.1$  Ma. en Biotita (Pilatasig y otros, 2005) correspondiéndole una edad Aptiano - Cenomaniano.

### ***6.2.1.3. Unidad Punta de Piedras (K-Pp)***

La Unidad Punta de Piedra es definida por Egüez y Poma (2001), las litologías típicas incluyen gabros, basaltos, andesitas, brechas volcánicas, tobas, areniscas, limolitas fuertemente deformadas, rocas muy difundidas en la parte oriental de la Cuenca Lancones–Alamor.

En otros lugares ocurren andesitas de color verde como techos colgantes sobre el intrusivo, las mismas que microscópicamente presentan textura porfírica con fenocristales de plagioclasa (tendiendo a ser labradorita), la matriz es afanítica compuesta de microlitos de plagioclasa. Los minerales opacos (magnetita) corresponden a granos microscópicos euhédricos y anhédricos, se presentan en gran cantidad diseminados en toda la roca y son singenéticos a la formación de la roca, en algunos sectores estos minerales se concentran alrededor de los cristales de cuarzo. La Unidad Punta de Piedra, constituye la roca de caja del Complejo Intrusivo Tangula (con edades entre  $114 \pm 30$  Ma. y  $93 \pm 1.1$  Ma.), por tanto, se le sugiere una edad pre- Aptiano.

### ***6.2.1.4. Formación Sacapalca (E1E2-sa)***

Definida por Kennerley et al, (1973), regionalmente comprende lavas andesíticas, brechas tobáceas, piroclastos, conglomerados, lutitas lacustres y tobas dacíticas esparcidas (Pratt et al., 1997). La composición de las lavas es muy cercana a la del basalto, aunque debido a que son muy leucocráticas, preferentemente denominadas andesitas basálticas; las tobas son ligeramente coloreadas, usualmente de verde claro, morado, amarillo o café y compuestas de fragmentos cristalinos, líticos y vítreos en una matriz vítrea parcialmente desvitrificada; los piroclastos se encuentran en capas de espesor irregular y de extensión lateral limitada, en la cual rara vez, se puede ver estratificación. La edad que se indica para esta formación de acuerdo a dataciones radiométricas es de Paleoceno-Eoceno Temprano (Jaillard et al., 1996).

## 6.2.2. Geología local

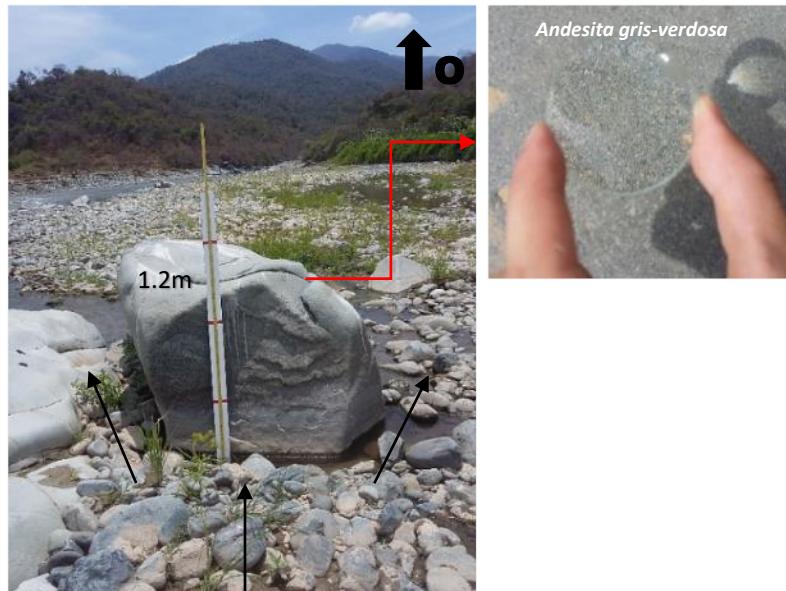
Los resultados de la geología local obtenidos mediante mapeo de afloramientos, mapeo de estructuras sedimentarias, y excavación de calicatas, se describen a continuación.

### 6.2.2.1. Afloramientos

El mapeo de afloramientos permitió definir la litología de las riberas, y basamento; los afloramientos del basamento se componen homogéneamente de andesitas o dacitas, que en correlación con la geología regional forman parte de la formación Volcánico La Bocana “Miembro inferior”. En cambio, los afloramientos mapeados en los taludes de riberas se componen intercaladamente de capas de sedimentos coluvio-aluviales cuaternarios pertenecientes a antiguas terrazas aluviales, **(ver fichas de campo Anexo 7)**

Los afloramientos del basamento se caracterizan por exponer cuerpos masivos e individuales, fracturados y tallados, por la acción del golpe y la abrasión de la carga de fondo. Además, estos ofrecen resistencia a la corriente, condicionan la oscilación del cauce y la sedimentación local de material aluvial, **(ver fotografía 5)**.

**Fotografía 5.** Afloramiento del basamento dentro del lecho mayor

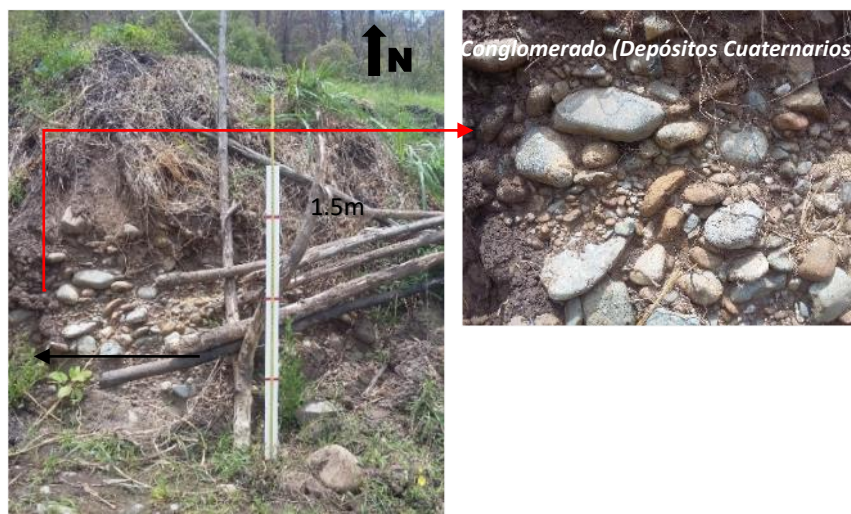


**Fuente:** Autor: (Fecha de captura: 10-10-2017)  
UTM / WGS 84 (X: 612537 - Y: 9515714)

Por otro lado, los afloramientos de los taludes de las terrazas aluviales colindantes con el cauce se caracterizan por exponer taludes semi-verticales de 1 a 4 metros a causa de la erosión hídrica, **(ver fotografía 6)**.



**Fotografía 6.** Afloramiento del talud de la terraza aluvial



**Fuente:** Autor - Fecha de captura: 10-10-2017  
 UTM / WGS 84 (X: 612996 - Y: 9515937)

Un resumen tabulado de los resultados de los afloramientos mapeados se detalla en la **(tabla 10)**, su ubicación espacial se puede apreciar en el mapa geológico local.

**Tabla 10.** Descripción geográfica y litológica de afloramientos

Nº	Norte	Este	Cota	Litología	Sector
1	9515912	613240	378	Andesita	Ubicado al inicio del terreno. De 5 metros de altura y de gran exposición.
2	9515910	613144	376	Conglomerado	Ubicado hacia el este, en la margen derecha del depósito. Conformar el talud de la terraza aluvial.
3	9515937	612996	378	Conglomerado	Ubicado oeste en la margen derecha del depósito. Conformar el talud de la terraza aluvial.
4	9515871	612930	375	Material Aluvial	Ubicado en el margen derecho de la isla fluvial.
5	9515841	612725	373	Andesita	Ubicado en la parte media del terreno, cerca del lindero de parcelas de arroz.
6	9515787	612738	373	Andesita	Ubicado en la parte media del terreno, y emerge a 0.25m dentro del cauce del río, cercano a la orilla.
7	9515763	612610	372	Andesita	Ubicado en la central del terreno, dentro del cauce del río, dividido en bloques.
8	9515714	612537	371	Andesita	Ubicado en la parte final del terreno, al margen izquierdo de una barra de grava gruesa.

Continúa...

9	9515762	612482	372	Conglomerado	Ubicado oeste, en la margen derecha del depósito, debajo de vegetación acuática. Conformar el talud de la terraza aluvial.
10	9515680	612468	370	Material Aluvial	Ubicado en la margen lateral de la barra situada al margen izquierdo del río al final del depósito.
11	9515720	612400	370	Andesita	Ubicado en la parte final del terreno, en la margen derecha del río, junto a la vegetación de carrizos.
12	9515717	612353	370	Dacita	Ubicado en la parte final del terreno, en la margen derecha del río, junto a la vegetación de carrizos.
13	9515690	612314	373	Andesita	Ubicado en la parte final del terreno, en los dos márgenes del río Macará, lugar de confluencia de la quebrada Cachaquitos.
14	9515658	613039	375	Conglomerado	Ubicado hacia el sur en la margen izquierda del depósito. Conformar el talud de la terraza aluvial.
15	9515650	613025	375	Andesita	Ubicado hacia el sur en la margen izquierda y parte central del depósito. Conformar el talud de la terraza aluvial, debajo de una capa de arcillas.
16	9515641	612974	376	Arcilla y Conglomerado	Ubicado hacia el sur en la margen izquierda y parte central del depósito. Conformar el talud de la terraza aluvial; de gran exposición.
17	9515701	612953	375	Andesita	Ubicado en la parte media y sur del terreno, dentro del cauce del río.
18	9515702	612880	374	Andesita	Ubicado en la parte media del terreno en la margen izquierda del río, de gran exposición.

**Elaboración:** Autor

### ***6.2.2.2. Detritos y estructuras fluviales sedimentarias***

En cuanto a la geología sedimentaria, los detritos aluviales indican una naturaleza ígnea debido a la presencia de: andesitas, basaltos, dacitas, brechas volcánicas, gabros, y granodioritas, que en correlación con la geología regional pertenecen a las formaciones Batolito de Tangula, Unidad Punta de Piedras, y Sacapalca.

Los distritos de las rocas extrusivas presentan caras lisas por su textura vítrea, a diferencia de los clastos de rocas intrusivas que presentan cierta rugosidad o aspereza por su textura cristalina. Generalmente las formas de los detritos son aplanadas, angulosas y subredondeadas, de baja a media esfericidad en distintas granulometrías, como: grava

(>2 mm <64 mm), grava gruesa (> 64 mm <256 mm), bloques (>256 mm), arena y finos (<2 mm).

Pruebas de campo demuestran que los detritos aluviales poseen una alta dureza y resistencia al golpe y abrasión del martillo geológico, visualmente no presentan fisibilidad, su estructura generalmente no está comprometida por fracturas, y la meteorización física y química no es evidente.

La distribución sedimentaria superficial de los detritos es difusa por la variación de las condiciones físicas del medio y los episodios sucesivos de inundación. No obstante, el mapeo de las estructuras sedimentarias del tramo local permitió establecer los sitios de sedimentación más importantes. Dicho mapeo permitió reconocer: una barra de desplazamiento, cuatro barras longitudinales, dos barras laterales, una isla fluvial, y tres áreas de depósito de canal, las cuales se describen a continuación:

1. *Barra de desplazamiento.* - Está situada en la cabecera del depósito en la margen izquierda del río emergiendo hasta 0.3 m. sobre el espejo de agua, posee una geometría en planta en forma de cresta con una superficie de 0.056 ha., (**ver fotografía 7**). Superficialmente presenta secuencias de arena y grava con segregación creciente de tamaño en sentido longitudinal; el sedimento más fino se ubica en la cabecera y el sedimento más grueso en la cola.

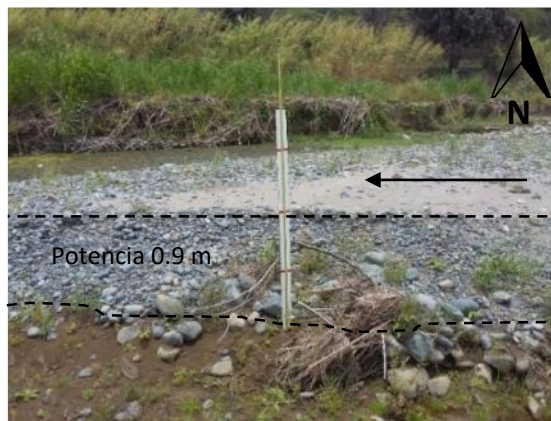
**Fotografía 7.** Barra de desplazamiento



**Fuente:** Autor (Fecha de captura: 04-10-2017)  
UTM / WGS 84 (X: 613216 - Y: 9515899)

2. *Barra longitudinal (1)*. – Situada dentro del canal de inundación, posee en planta, una geometría elongada en dirección S57°O con una superficie de 0.27 ha. alcanzando un desnivel de 0.9 metros en la zona de la cola. Se caracteriza superficialmente por presentar una segregación decreciente de partículas en sentido longitudinal con la presencia de grava gruesa, y grava desde la cabecera hasta la cola de la barra, (**ver fotografía 8**).

**Fotografía 8.** Barra longitudinal N°1



**Fuente:** Autor (Fecha de captura: 04-10-2017)  
UTM / WGS 84 (X: 612879 - Y: 9515870)

3. *Barra Longitudinal (2)*. – Consiste en una barra lateral ubicada en el margen interno del meandro del canal principal, que posee una geometría de “media luna” con una superficie de 0.38 ha., alcanzando un desnivel máximo de 1.70 m., en la zona de la cola. Se caracteriza por presentar una segregación decreciente de partículas en sentido longitudinal con la presencia de bloques, grava gruesa, y grava, desde la cabecera hasta la cola de la barra, (**ver fotografía 9**).

**Fotografía 9.** Barra longitudinal N°2



**Fuente:** Autor (Fecha de captura: 04-10-2017)  
UTM / WGS 84 (X: 613042 - Y: 9515684)

4. *Barra Longitudinal (3)*. – Consiste en una barra longitudinal ubicada al margen izquierdo del canal principal, emergiendo hasta 0.4 m. del espejo de agua. En planta, posee una geometría elongada, en dirección S88°O; con una superficie total de 0.84 ha., (**ver fotografía 10**). Se caracteriza por presentar una segregación decreciente de partículas en sentido longitudinal con la presencia de bloques, grava gruesa, y grava desde la cabecera donde se sitúa el afloramiento N° 18.

**Fotografía 10.** Barra longitudinal N°3



**Fuente:** Autor (Fecha de captura: 04-10-2017)  
UTM / WGS 84 (X: 612917 - Y: 9515692)

5. *Barra Longitudinal (4)*. – Consiste en una barra longitudinal ubicada en medio del canal principal hacia el oeste del depósito, emergiendo hasta 0.4 m. sobre el espejo del agua. En planta, posee una geometría elongada en dirección S74°O, con una superficie de 0.57 ha., y se caracteriza por presentar una segregación decreciente de partículas en sentido longitudinal con la presencia de bloques, grava gruesa, y grava desde la cabecera, donde se sitúa el afloramiento N°7, (**ver fotografía 11**).

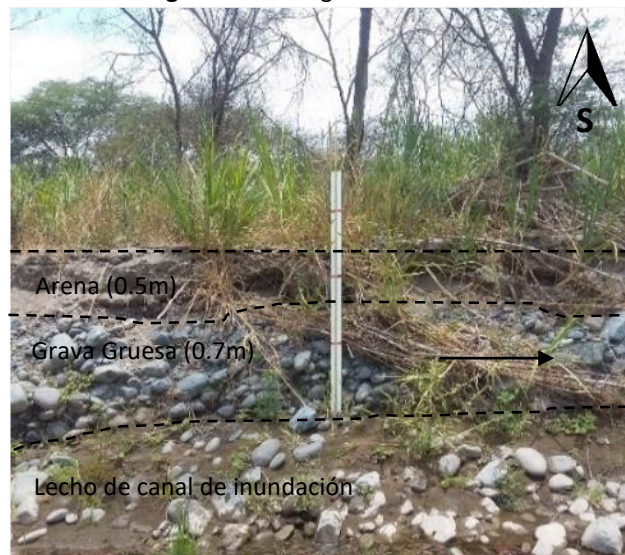
**Fotografía 11.** Barra longitudinal N°4



**Fuente:** Autor (Fecha de captura: 04-10-2017)  
UTM / WGS 84 (X: 612611 - Y: 9515765)

6. *Isla fluvial*. - Situada entre el cauce principal y canal de inundación, comprende una superficie de 2.28 ha., con un desnivel de 2.5 m en la parte de su cola. Se caracteriza por la presencia de vegetación arbustiva-herbácea baja a muy alta, que obstaculiza el flujo de inundación por la acumulación de restos vegetales en la cabecera de la isla, formando una especie de barrera que desvía el flujo a los costados. A su vez, dicha obstaculización crea turbulencias sobre la superficie que permite el transporte y sedimentación de arena como carga de fondo, creando secuencias menores a 0.5 m. que superponen a gravas gruesas de mala selección; a partir de esa profundidad, el tamaño de grano incrementa por el tipo de sedimentación grano-decreciente que posee la estructura de la isla, **(ver fotografía 12)**.

**Fotografía 12.** Margen erosivo de la isla



**Fuente:** Autor (Fecha de captura: 04-10-2017)  
UTM / WGS 84 (X: 612954 - Y: 9515889)

7. *Barra lateral (1)*. – Situada al pie de la isla fluvial, cuenta con una superficie de 0.34 ha. y un desnivel de 1.5m. En planta, posee una forma de cuña disectada por el flujo de descarga del canal de inundación. Se caracteriza superficialmente por presentar una segregación decreciente de partículas en sentido longitudinal, con presencia de grava gruesa y grava desde la cabecera hasta la cola. Estas secuencias poseen buena selección con una potencia aproximada de 1 m., a partir de la cual, el tamaño de grano va en aumento a bloques por el tipo de “sedimentación grano decreciente” que posee la estructura, **(ver fotografía 13)**.

**Fotografía 13.** Barra lateral N°1



**Fuente:** Autor (Fecha de captura: 28-09-2017)  
UTM / WGS 84 (X: 613086 - Y: 9515841)

8. *Barra lateral (2)*. - Consiste en una barra lateral ubicada al margen convexo del canal principal dentro de la zona de descarga del canal de inundación; abarcando una superficie de 0.9 ha., que alcanza un desnivel máximo de 0.7 m. en la parte central, **(ver fotografía 14)**. En planta, posee una forma elongada y se caracteriza por presentar secuencias de arena y grava.

**Fotografía 14.** Barra lateral N°2



**Fuente:** Autor (Fecha de captura: 28-09-2017)  
UTM / WGS 84 (X: 612716 - Y: 9515818)

9. *Depósito de canal de inundación*. – Consiste en el lecho de canal de inundación del río, situado al costado derecho del depósito, abarcando una superficie de 1.01 ha. Se caracteriza por presentar una secuencia de grava gruesa de 1.6 m. con mala selección, **(ver fotografía 15)**; a profundidad se infiere un aumento del tamaño de grano dominante a bloques por la “sedimentación grano decreciente” de la carga de fondo.

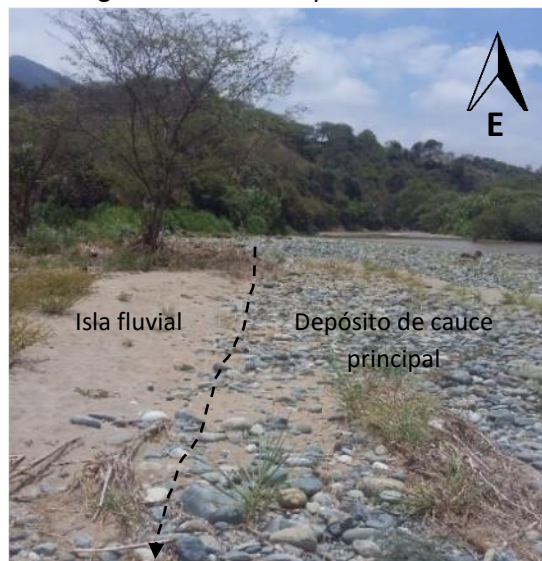
**Fotografía 15.** Depósito de canal de inundación



**Fuente:** Autor (Fecha de captura: 05-10-2017)  
UTM / WGS 84 (X: 612976 - Y: 9515945)

10. *Depósito de cauce principal.* - Consiste en el margen derecho del canal principal que abarca una superficie de 1.95 ha. Se caracteriza superficialmente por presentar secuencias difusas de grava gruesa y bloques, formadas por la sedimentación de la carga de fondo en momentos de mayor caudal, **(ver fotografía 16).**

**Fotografía 16.** Lecho mayor de inundación



**Fuente:** Autor (Fecha de captura: 28-09-2017)  
UTM / WGS 84 (X: 613054 - Y: 9515822)

11. *Depósito de canal de la quebrada Cachaquitos.* - Ubicado en la zona de desembocadura de la quebrada Cachaquitos al margen izquierdo del río Macará, se caracteriza por la acumulación de bancos de grava y arena de gran potencia con buena selección, **(ver fotografía 17).**



**Fotografía 17.** Lugar de confluencia de la quebrada Cachaquitos

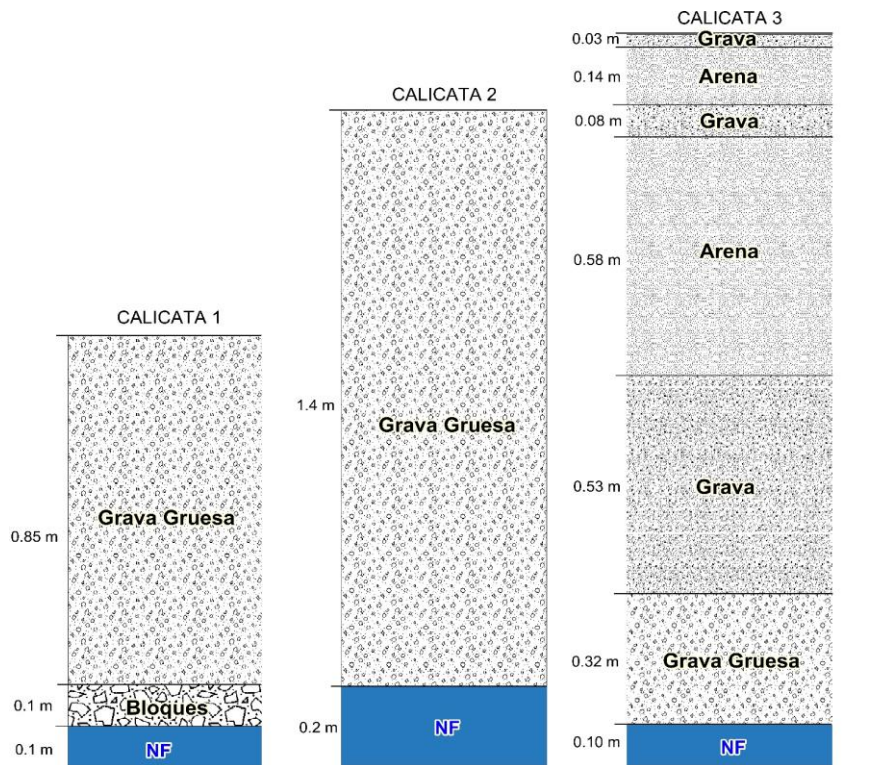


**Fuente:** Autor (Fecha de captura: 02-10-2017)  
UTM / WGS 84 (X: 612305 - Y: 9515692)

### 6.2.2.3. Estratigrafía de calicatas de investigación

La descripción granulométrica vertical o estratigráfica de los sitios de mayor interés de explotación se realizó mediante la excavación de tres calicatas de investigación hasta la altura del nivel freático, (*ver fichas de descripción de calicatas de Anexo 8*). La representación gráfica de las columnas litoestratigráficas de las calicatas se indica a continuación, *ver figura 23*.

**Figura 23.** Estratigrafía de calicatas de investigación



**Elaboración:** Autor

A continuación, se realiza la descripción de las columnas litoestratigráficas de cada calicata de acuerdo a la granulometría dominante de cada estrato:

- *Calicata N°1*

Coordenadas: X= 613156; Y= 9515904; Z= 376

Con una profundidad de excavación de - 1.05 m, la estratigrafía de esta calicata se caracteriza por la presencia de dos estratos; el primero posee una potencia total de 0.85 m. y se compone de grava gruesa (> 64 mm <256 mm); el segundo posee una potencia excavada de 0.1 m. y se compone de bloques (> 256 mm). La altura del nivel freático se encuentra a los 0.95 m, **(ver Anexo 8)**.

- *Calicata N°2*

Coordenadas: X= 612928; Y= 9515921; Z= 375

Con una profundidad de excavación de - 1.60 m, la estratigrafía de esta calicata se caracteriza por la presencia de un solo estrato, que posee una potencia excavada de 1.40m y está compuesto de grava gruesa (> 64 mm <256 mm). La altura del nivel freático se encuentra a los 1.4 m, **(ver Anexo 8)**.

- *Calicata N°3*

Coordenadas: X= 612692; Y= 9515814; Z= 374

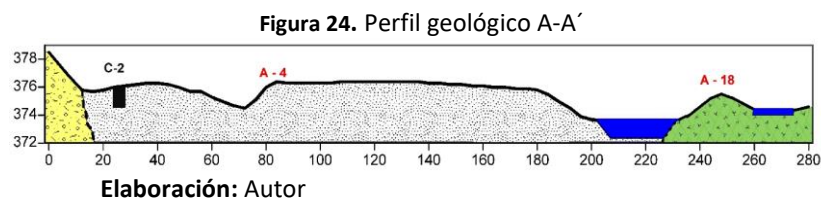
Con una profundidad de excavación de - 1.78 m, la estratigrafía de esta calicata se caracteriza por la presencia de seis estratos; el primero posee una potencia de 0.03 m y está compuesto de grava (> 2mm <64 mm); el segundo posee una potencia de 0.14 m y está compuesto de arena (>64 µm < 2 mm); el tercero posee una potencia de 0.08 m y está compuesto de grava; el cuarto una potencia de 0.58 m y está compuesto de arena; el quinto posee una potencia de 0.53 m y está compuesto de grava; el sexto posee una potencia excavada de 0.32 m y está compuesto de grava gruesa. La altura del nivel freático se encuentra a 1.68 m, **(ver Anexo 8)**.

#### ***6.2.2.4. Compendio de la geología local***

Sobre la base de los resultados de campo anteriormente descritos (mapeo de afloramientos, e investigación del subsuelo mediante calicatas), se realizó la confección del mapa geológico local **(ver anexo 9)** y los perfiles geológicos del área de estudio, como compendio y/o síntesis de la geología local. La Interpretación de los perfiles se realiza a continuación:

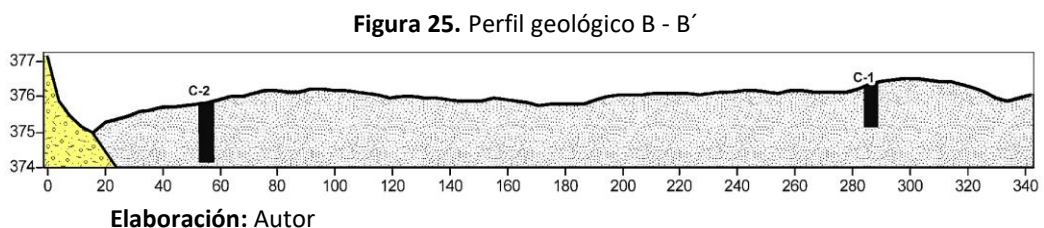
- *Corte geológico A-Á*

Con una longitud de 280 metros y orientación en campo S16O, el perfil “A-Á” atraviesa: el cauce de inundación, la isla fluvial y el lecho mayor del río Macará; lugares en los que se sitúan la calicata N°2 y los afloramientos, N° 4 y N° 18. Este perfil describe una potencia inferida de cuatro metros de material aluvial (grava y arenas), en contacto discordante con conglomerados a su costado izquierdo y andesitas a su costado derecho, **(ver figura 24)**. Se infiere una profundidad del basamento no superior a los 8 metros.



- *Corte geológico B-B´*

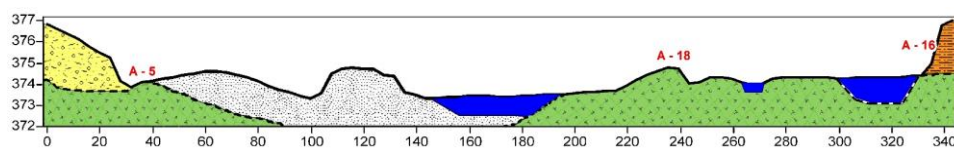
Con una longitud de 342 metros y orientación en campo S86E, el perfil “B-B” atraviesa longitudinalmente el cauce de inundación, lugar en el que se sitúan las calicatas N°2 y N°1. Este perfil describe una potencia inferida de dos metros de material aluvial en contacto discordante con conglomerados a su costado izquierdo. En prolongación hacia el costado derecho se ubica el cauce del río Macará, **(ver figura 25)**.



- *Corte geológico C-C´*

Con una longitud de 343 metros y orientación en campo S48E, el perfil “C-C” atraviesa: la barra lateral N° 2, el cauce de inundación, la barra lateral N° 1, y el lecho mayor del río Macará, lugares en los que se ubican los afloramientos, N° 5, N° 18 y N° 16. Este perfil describe una potencia inferida de 3 m de material aluvial en contacto discordante con andesitas, que subyacen a depósitos cuaternarios ubicados al costado izquierdo (conglomerados), y costado derecho (arcillas), **(ver figura 26)**.

Figura 26. Perfil geológico C - C´

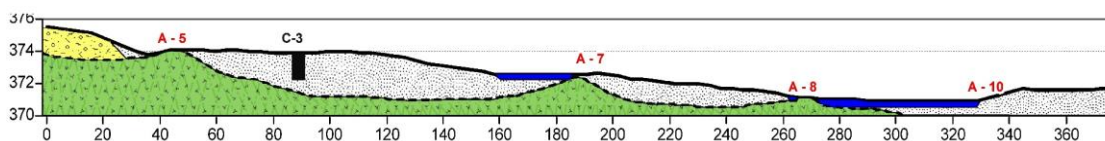


Elaboración: Autor

▪ *Corte geológico D-D´*

Con una longitud de 376 metros y orientación en campo S55O, el perfil “D-D´” atraviesa: la barra lateral N° 2, un brazo secundario del río Macará, la barra longitudinal N° 4, el cauce principal, y depósitos de canal; lugares en los que se sitúan la calicata N° 3 y los afloramientos N° 5, N°7, N° 8 y N° 10. Este perfil describe una potencia inferida de dos metros de material aluvial encajonado por andesitas que subyacen discordantemente a conglomerados de depósitos cuaternarios ubicados al costado izquierdo. Al costado derecho se ubican bancos de material aluvial, (*ver figura 27*).

Figura 27. Perfil geológico D - D´



Elaboración: Autor

Finalmente, sobre la geología local del área de estudio se concluye lo siguiente:

El área de estudio se encuentra constituida por un basamento andesítico - dacítico (Volc. La Bocana- miembro inferior), que aflora a menudo dentro y a orillas del cauce del río, condicionando localmente la socavación del lecho, la erosión lateral y la oscilación del cauce. En la parte central del tramo, el basamento subyace a dos tipos de depósitos sedimentarios discordantes de baja potencia que son susceptibles a la dinámica fluvial: el primero es un depósito aluvial y el segundo es un depósito coluvio – aluvial cuaternario.

El depósito aluvial está formado por la acumulación de cantos rodados de rocas volcánicas e intrusivas de todos los tamaños, subangulares a subredondeados de hasta 0.6 m de diámetro, que se encuentran acumulados principalmente en el margen izquierdo del río dentro de un área de 6.9 hectáreas potencialmente explotables. En cambio, el depósito cuaternario está compuesto por conglomerados de matriz limo-arcillosa de baja cohesión, los cuales, conforman las riberas a manera de terraza escalonada talladas por la corriente.

### 6.2.3. Calidad del material pétreo

El material pétreo procedente de los ríos es conocido como árido lavado de buena calidad, ya que posee menor contenido de finos y un alto equivalente de arena debido a la segregación natural de partículas. Este tipo de árido no posee aristas vivas y se concentra con una mayor cantidad de cuarzo.

A fin con dichas características, el material pétreo del depósito aluvial indica los siguientes resultados de calidad (*ver tabla 11 y Anexo 10*), encontrándose dentro de los rangos establecidos de las normas I.N.E.N “861 y “696”, y norma A.S.T.M “C-127” y “C 128”.

**Tabla 11.** Parámetros de calidad del material pétreo

Característica	Árido fino	Árido grueso	Norma que cumple
Densidad masiva	2,56 gr/cm <sup>3</sup>	2,77 gr/cm <sup>3</sup>	ASTM C- 128 / ASTM C- 127
Densidad aparente	2,79 gr/cm <sup>3</sup>	2,81 gr/cm <sup>3</sup>	ASTM C- 128 / ASTM C- 127
Absorción	3,25 gr/cm <sup>3</sup>	0,40 gr/cm <sup>3</sup>	ASTM C- 128 / ASTM C- 127
Abrasión	40%		INEN 861
Granulometría – INEN 696			
<p>El gráfico de granulometría muestra el porcentaje que pasa en función del logaritmo del diámetro en micras. El eje vertical (Y) representa el porcentaje que pasa, desde 0 hasta 100. El eje horizontal (X) representa el logaritmo del diámetro en micras, desde 1,50 hasta 5,50. Se muestran curvas para tamices #200, #40, #20, #10, 4, 1/2", 1" y 4". El punto final de la curva a 4.75 micras indica un 58,09% que pasa.</p>			

**Fuente:** Lab. ESTUELCOM

**Elaboración:** Autor

### 6.3. Reservas

El volumen de reservas probadas “in situ” del depósito aluvial, fue calculado mediante dos metodologías; la primera a través de la diferencia de volumen de dos modelos digitales del terreno, y la segunda, a través de un análisis geométrico simple. Para ambos casos, el cálculo de reservas abarca un área de 5.46 ha. de las 6.9 ha. que lo conforman, puesto que se resguarda una zona de amortiguación de 5 m entre las márgenes de la terraza aluvial, y 10 m entre el cauce principal, para prevenir la erosión de las riberas, mantener las condiciones de confinamiento del cauce, y mantener el acceso al depósito. Esta área excluye los bancos o barras de depósito dentro del cauce, contemplando exclusivamente el depósito aluvial, tal como se indica en la **figura 28**, elaborada con base en el mapa topográfico.

**Figura 28.** Polígono del área de reservas



Elaboración: Autor

De la misma manera, en ambas metodologías se utilizó un nivel o profundidad de referencia, establecida de acuerdo al valor de la “*media de las profundidades máximas de excavación de las calicatas de investigación*”, por los siguientes motivos; el primero es que este valor generaliza el cálculo en toda el área de explotación, y el segundo, es que hasta esa profundidad se tiene constancia de material pétreo. De este modo, el nivel de referencia quedó establecido en 1.48 metros de profundidad, aplicando el siguiente cálculo:

$$\overline{Pm} = \frac{P1+P2+\dots+PN}{N}; m \quad (1)$$

Donde

- $\overline{PM}$ : Profundidad media (nivel de referencia)
- $P$ : Profundidad máxima excavada de cada calicata
- $N$ : Número de calicatas

Integrando los valores a la formula (1) se obtiene:

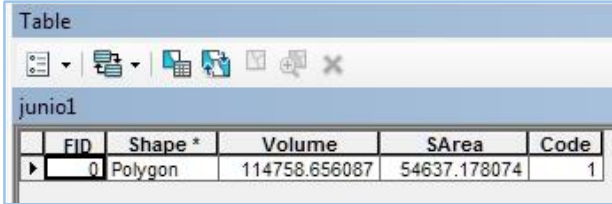
$$\overline{Pm} = \frac{1.05 + 1.6 + 1.78}{3}$$

$$\overline{Pm} = 1.48 \text{ m}$$

▪ *Resultado del cálculo informático en ArcGis*

Utilizando los anteriores datos en la confección de los modelos digitales de terreno, la diferencia de volumen en el cálculo informático arroja un resultado de 114,758.66 m<sup>3</sup> de material pétreo, (ver figura 29).

Figura 29. Resultado digital del cálculo computarizado en ArcGis



FID	Shape *	Volume	SArea	Code
0	Polygon	114758.656087	54637.178074	1

Elaboración: Autor

▪ *Resultado del análisis geométrico simple*

De la misma manera, utilizando el área y el nivel de referencia anteriormente descritos; el análisis geométrico simple obtiene un volumen resultado de 80,863.02 m<sup>3</sup>, lo que representa un déficit de 41.9% de volumen en comparación al resultado del cálculo informático. La fórmula utilizada para este análisis fue:

$$V_T = A * Pm \quad (2)$$

Donde:

$V_T$  = Volumen total

$A$  = Área del polígono de reservas

$Pm$  = Profundidad media de referencia

Integrando los valores a la formula (2) se obtiene:

$$V_T = 54,637.18 \text{ m}^2 * 1.48 \text{ m}$$

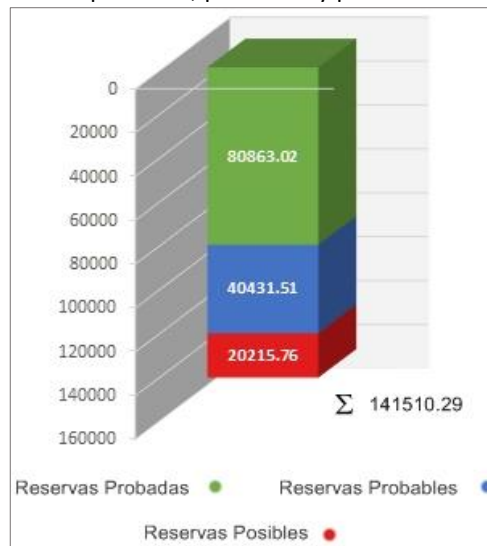
$$V_T = 80,863.02 \text{ m}^3$$

Al analizar los resultados de ambas metodologías, las reservas probadas quedan definidas por el resultado del análisis geométrico simple en 80,863.02 m<sup>3</sup>, ya que, el cálculo

informático es una metodología en evaluación, y la certeza de sus resultados aún quedan por comprobarse en campo.

Finalmente, prolongando el nivel de referencia de excavación a 2.22 metros, lo que representa un 50% más del nivel de referencia establecido para las reservas probadas (1.48 m); las reservas probables suman un excedente de 40,431.51 m<sup>3</sup> de las reservas probadas. Y prolongando el nivel de referencia de excavación a 2.59 metros, lo que representa un 75% más del nivel de referencia establecido para las reservas probadas; las reservas posibles suman un excedente de 20,215.76 m<sup>3</sup> de las reservas probables, (**ver figura 30**).

**Figura 30.** Reservas probadas, probables y posibles en metros cúbicos.



Elaboración: Autor

Cabe mencionar que estos valores representan un volumen de material confinado, por lo que al multiplicarlo por el “factor de esponjamiento de grava y arena”<sup>1</sup> se obtiene el volumen del material pétreo excavado; multiplicando este coeficiente con el volumen de reservas probadas, el volumen de material excavado sería de 90,566.58 m<sup>3</sup>, (**ver tabla 12**).

**Tabla 12.** Volumen de material pétreo sin confinamiento

Volumen en banco	Factor de Abundamiento	Volumen Excavado
80,863.02 m <sup>3</sup>	1.12	90,566.58 m <sup>3</sup>

Elaboración: Autor

<sup>1</sup> (Manual Técnico de Construcción, 2008, pág. 36)



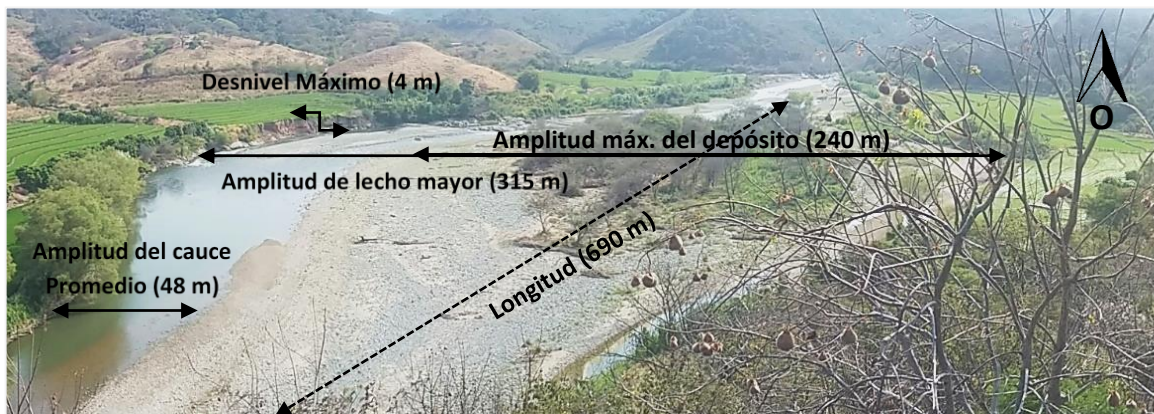
## 6.4. Geometría del depósito aluvial

Sobre la base del levantamiento topográfico y geológico se describe los principales parámetros geométricos del depósito:

### 6.4.1. Forma

De forma elongada y lenticular de baja potencia, el depósito aluvial se extiende paralelamente a lo largo del cauce del río con una longitud de 690 metros, una amplitud de 5 a 240 m., y una potencia media probada de 1.48 m., abarcando un área total de 6.9 hectáreas (*ver fotografía 18*). Su topografía describe un relieve llano semi-horizontal con cotas que van desde los 378 m.s.n.m, en la parte este, y 370 m.s.n.m en la parte oeste, encajonado por terrazas coluvio-aluviales de 1 a 4 metros de desnivel.

Fotografía 18. Geometría del depósito aluvial la Cruz



Elaboración: Autor (Fecha de captura: 15-07-2017)  
UTM/WGS 84 (X: 613245 - Y: 9515986)

### 6.4.2. Cobertura vegetal

La cobertura vegetal presente en el depósito se halla concentrada en toda la isla fluvial con una superficie de 2.2 ha., compuesta principalmente por: faiques, carrizos, aliso de río o pájaro bobo, saucos y otras malezas de diferentes tamaños.

La cobertura vegetal se encuentra soportada sobre un estrato de arena de 0.1 a 0.5 metros de espesor que está contaminado por limos, raíces, y restos vegetales (*ver fotografía 19*). Este estrato no considera como estéril, ya puede ser aprovechado para su comercialización, siendo necesario de procesos de cribado y lavado para darle calidad y limpieza requerida a la arena.

**Fotografía 19.** Cobertura vegetal de la isla fluvial



**Fuente:** Autor (Fecha de captura: 05-10-2017)

Izq.: UTM / WGS 84 (X: 612952 - Y: 9515884)

Dcha.: UTM / WGS 84 (X: 612983 - Y: 9515816)

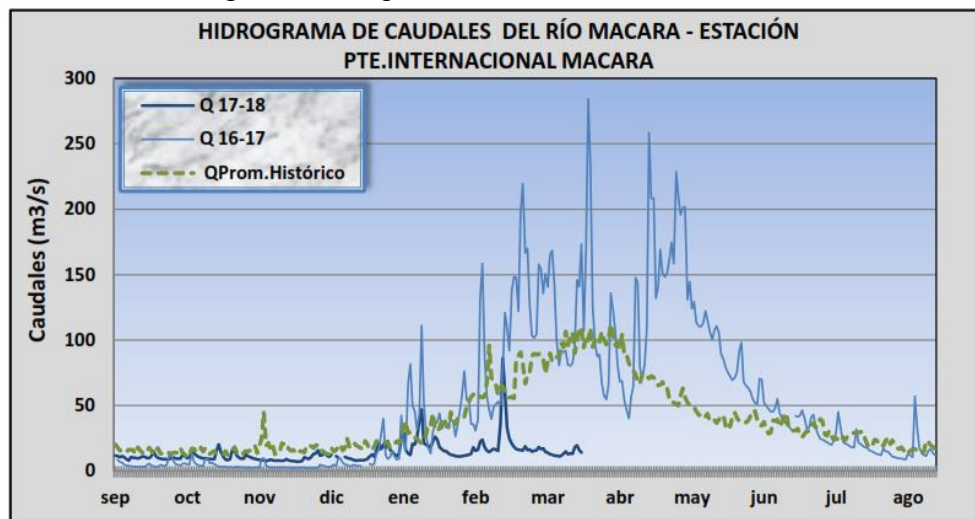
## 6.5. Características hidrológicas e hidráulicas del tramo local

Dada la interrelación existente entre el río y el depósito aluvial, se realizó la caracterización hidrológica, hidráulica, y dinámica para garantizar el diseño de explotación sostenible del recurso. Las características estudiadas con base en la información disponible de la Estación Hidrométrica Peruana “Puente Internacional”, son las siguientes:

### 6.5.1. Régimen fluvial

El estudio del régimen fluvial se realizó con la finalidad de obtener información sobre los periodos de estiaje e inundación que condicionarán anualmente las operaciones del proyecto, dichos datos permitieron precisar lo siguiente:

**Figura 31.** Hidrograma de caudales del río Macará

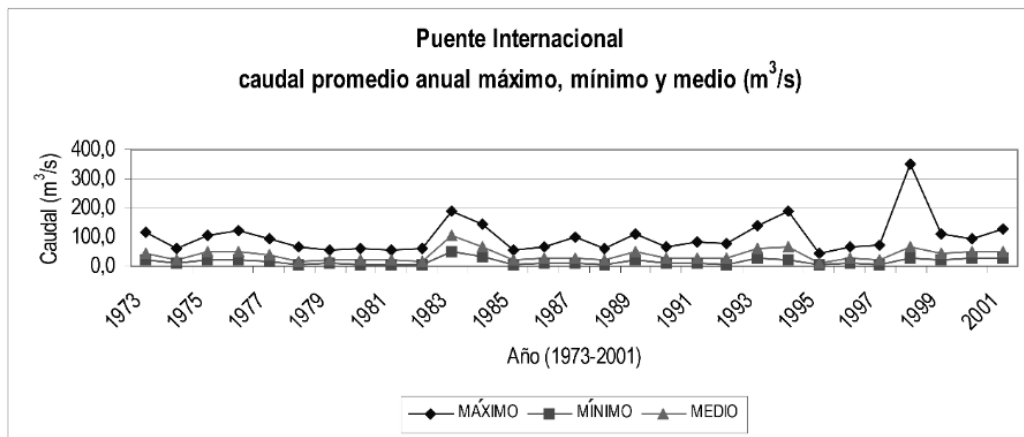


**Fuente:** SENAMHI - PERÚ

El régimen fluvial del río homónimo se caracteriza por presentar un carácter torrencial, en donde los máximos se centran en febrero-abril, situándose el estiaje hacia fines del año calendario desde septiembre a diciembre, (*ver anterior figura 31*). El periodo que los separa, varía generalmente en función de las fluctuaciones de las precipitaciones de origen amazónico que tienen lugar en las partes altas de la cuenca.

Además, este régimen experimenta cíclicamente la aparición de avenidas extraordinarias o periodos de sequía, a causa de los fenómenos climáticos de “El Niño y La Niña” que repercuten de gran manera el funcionamiento fluvial del río; dichas anomalías se pueden evidenciar en el registro fluvial histórico, (*figura 32*), respecto a los registros meteorológicos de retorno de este fenómeno, (*ver tabla 13*).

**Figura 32.** Caudales promedio anuales máximo, mínimo, y medio de río Macará registrados en la estación hidrométrica Puente Internacional entre los años 1973 y 2001



Fuente: Estudio Geoambiental de la Cuenca del río Chira-Catamayo, 2006.

**Tabla 13.** Intensidades del fenómeno Niño y la Niña, periodo 1969-2017.

EL NIÑO				LA NIÑA		
Débil	Moderado	Fuerte	Muy fuerte	Débil	Moderado	Fuerte
1969-70	1986-87	1972-73	<b>1982-83</b>	1971-72	1970-71	1973-74
1976-77	<b>1994-95</b>	1987-88	<b>1997-98</b>	1974-75	1995-96	1975-76
1977-78	2002-03	1991-92	2015-16	1983-84	2011-12	1988-89
1979-80	2009-10			1984-85		1998-99
2004-05				2000-01		1999-00
2006-07				2005-06		2007-08
2014-15				2008-09		<b>2010-11</b>
				<b>2016-1017</b>		

Fuente: NOAA – EFEN

Elaboración: Autor

### 6.5.2. Caudal mínimo y máximo

Los datos de caudales mínimos y máximos se analizaron con el fin de obtener información sobre su variación e intensidad, para estimar medidas de prevención en el proyecto. Dichos datos se obtuvieron del registro histórico de aforos del río Macará (**ver anterior figura 32**), permitiendo precisar lo siguiente:

La intensidad de los caudales del río homónimo varía significativamente en el transcurso anual con caudales de estiaje a caudales de inundación; los caudales de estiaje por lo general tienen aforos menores a los 20 m<sup>3</sup>/s, y los de inundación menores a 120 m<sup>3</sup>/s. Sin embargo, bajo la influencia de los fenómenos atmosféricos El Niño o La Niña, se han registrado aforos de estiaje de hasta 4.7 m<sup>3</sup>/s., y, aforos por avenidas extraordinarias de hasta de 349 m<sup>3</sup>/s.

Esta variación de transporte líquido es directamente proporcional a la elevación del espejo de agua del cauce, que con determinado caudal puede ocupar temporalmente de manera parcial o total el lecho mayor del río, pudiendo provocar desbordamientos o inundaciones en el tramo local, (**ver fotografía 20**).

**Fotografía 20.** Caudal extraordinario y de estiaje causado por “El niño 2017”



**Fuente:** Autor (Fecha de captura: Izq.: 31-03-2017 / Dcha.: 18-09-2017)  
UTM / WGS 84 (X: 613359 - Y: 9516044)

### 6.5.3. Recarga anual de sedimentos

El estudio de la recarga anual de sedimentos se realizó con la finalidad determinar si el volumen de reservas probadas es anualmente renovable. Por consiguiente, sobre la base de la información técnica disponible de la capacidad de transporte y sedimentación del río Macará, determinada en la estación hidrométrica Puente Internacional, se obtuvo que el

gasto sólido<sup>2</sup> del río homónimo es de 1150 kg/s. para un caudal estimado de 80 m<sup>3</sup>/s., (*ver tabla 14*).

**Tabla 14.** Capacidad de transporte y sedimentación del río Macará

<b>Estación Hidrométrica Puente Internacional (UTM: 9514348 N - 614930 E)</b>	
<b>Concentración de sólidos en suspensión y sólidos totales</b>	La concentración de sólidos totales es de 0,349 gr/l y para una descarga estimada de 80 m <sup>3</sup> /s el gasto sólido en suspensión es de 2412 t/día.
<b>Transporte de sólidos</b>	Su gasto sólido de fondo es de 1150 kg/s, su gasto sólido específico de fondo es de 20kg/s-m; se produce erosión en el lecho.
<b>Fuente:</b> (Estudio Geoambiental de la Cuenca del río Chira-Catamayo / Boletín N° 31, pág. 27)	
<b>Elaboración:</b> Autor	

Proyectando el valor del gasto sólido de “kg/s” a “ton/mes” se obtuvo un valor de gasto mensual de 2´980800 Ton/mes., (*ver tabla 15*).

**Tabla 15.** Valores en masa y tiempo del gasto sólido

<b>Tiempo</b>	<b>Kg</b>	<b>Ton</b>
<b>Mes</b>	29808 x 10 <sup>5</sup>	29808 x 10 <sup>2</sup>
<b>Día</b>	9936 x 10 <sup>4</sup>	99360
<b>Hora</b>	414 x 10 <sup>4</sup>	4140
<b>Minuto</b>	69000	69
<b>Segundo</b>	<b>1150</b>	1.15

**Elaboración:** Autor

Señalado el gasto mensual, queda por establecer el gasto sólido anual; para ello se multiplicó el valor del gasto sólido mensual por el número de meses en los que se presentan los caudales con capacidad de “carga efectiva”, es decir, los meses en los que se presentan caudales iguales o superiores a 80 m<sup>3</sup>/s, que pueden efectuar el gasto sólido estimado. Dichos meses fueron determinados mediante los datos del registro hidrométrico histórico (*ver anterior figura 31*), concluyendo que generalmente los meses de febrero, marzo, abril, presentan caudales iguales o superiores a los 80 m<sup>3</sup>/s.

<sup>2</sup> Se denomina **gasto sólido, de fondo (TF)** o de **suspensión (TS)**, a la cantidad de partículas, en unidades de peso o volumen, que pasa por una sección determinada en la unidad de tiempo. Las unidades que se usan frecuentemente para el gasto sólido son: N/s, kg/día, t/mes, m<sup>3</sup>/año, etc. El gasto sólido puede expresarse también por unidad de ancho, del río o canal; entonces se llama **gasto sólido específico**. (Rocha Felices, 1998)

Establecido el número de meses de “recarga efectiva”, el resultado de la tasa de recarga anual de sedimentos en toneladas, es el siguiente:

$$\text{Gasto sólido anual} = \text{Gasto sólido al mes} \times \text{Número de meses con caudales de carga efectiva}$$

$$\text{Gasto sólido anual (masa)} = 2'980800 \text{ Ton/mes} * 3 \text{ mes}$$

$$\text{Gasto sólido anual (masa)} = 8'942,400.00 \text{ Ton}$$

Transformando la magnitud de “masa a volumen” a través de la densidad media del material pétreo obtenida en los resultados de laboratorio (2.8 gr/cm<sup>3</sup> equivalente a 2.8 Tn/m<sup>3</sup>) se calculó la tasa de recarga anual en metros cúbicos:

$$\text{Gasto sólido anual (volumen)} = (8'942400 \text{ Ton}) / (2.8 \text{ Ton/m}^3)$$

$$\text{Gasto sólido anual (volumen)} = 3'193714.29 \text{ m}^3$$

De este modo, los 3'193,714.29 m<sup>3</sup> representan el valor teórico del gasto sólido anual respecto a las condiciones las condiciones de flujo permanente de tres meses. Por lo cual, dicho resultado es susceptible a las condiciones hidrológicas de cada año, pudiendo presentar anomalías (-/+ ) por sequias o episodios del fenómeno del niño.

Finalmente, comparando el volumen de reservas probadas de 80,863 m<sup>3</sup>, con el volumen resultado del gasto sólido anual de 3,193,714.29 m<sup>3</sup>/año, se concluye, que el volumen de reservas comprende un 2.53% del volumen del gasto anual, por lo cual, tiene la capacidad de renovarse, y no es sensible para el equilibrio de la capacidad de transporte. Por tal motivo, es posible ampliar el horizonte de explotación hasta el volumen de reservas probables y posibles (141510.29 m<sup>3</sup>), que en sumatoria representan el 4.43 % del volumen del gasto anual; dicha opción se debería considerar, siempre y cuando no se perciban afectaciones en la geomorfología fluvial, tanto aguas arriba como aguas abajo.

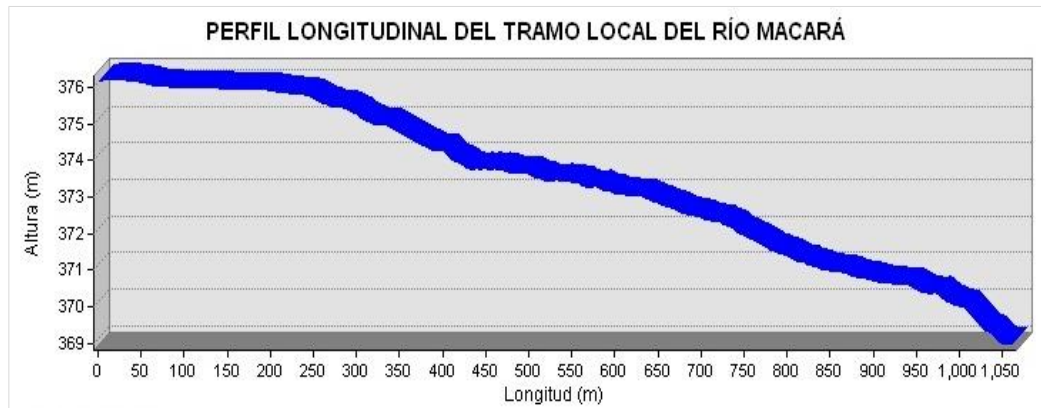
#### **6.5.4. Hidráulica del tramo local**

El estudio de la hidráulica del tramo local tuvo como finalidad evaluar la capacidad de transporte de caudales, sobre la base de las características del perfil longitudinal, y secciones transversales. La capacidad hidráulica analizada bajo la hipótesis de flujo unidimensional en régimen permanente, permitió determinar las velocidades, el caudal, y los niveles del espejo agua en cada sección. Asimismo, dicha información sirvió para proyectar el gasto líquido o caudal necesario para inundar el depósito en determinadas secciones. A continuación, se describe los parámetros geométricos hidráulicos del cauce:

#### 6.5.4.1. Perfil longitudinal

Confeccionado sobre la base de los datos del levantamiento topográfico de la orilla izquierda del río, el perfil longitudinal revela a lo largo de 1.05 km, un desnivel de 7 m., con una gradiente general de 0.0066 m/m (0.6%), lo cual, hidráulicamente se traduce en una baja capacidad de transporte líquido y sólido, (**ver figura 33**).

**Figura 33.** Perfil longitudinal del tramo local del área de estudio



Elaboración: Autor

Según la clasificación de tramos de ríos de montaña de Montgomery y Buffington (1993).<sup>3</sup> Las deflexiones de la curva describen tramos de rápidos y pozas, y sus rectas describen tramos de lecho plano.

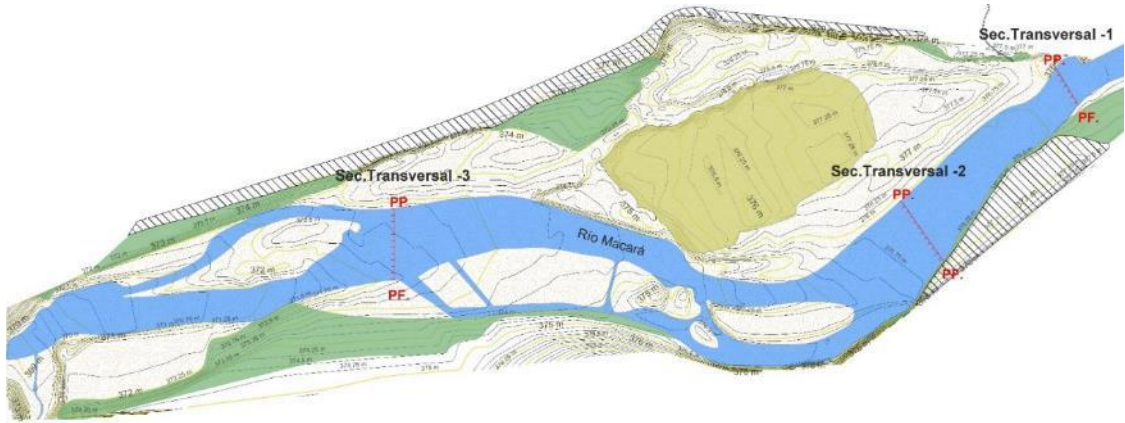
#### 6.5.4.2. Secciones transversales

Se realizó el levantamiento batimétrico de tres secciones transversales durante la época de estiaje, en los sitios menos sinuosos y sin entrelazamiento del cauce, con la ayuda de una baliza, una cinta metrada, un G.P.S de precisión, dos estacas, y dos ayudantes, realizando la toma a cada metro, (**ver fichas de campo Anexo 11**).

La longitud de las secciones corresponde a la amplitud del espejo de agua en cada tramo, y su orientación perpendicular a la dirección de la corriente. Tanto la longitud, como la cota del nivel del agua del día del levantamiento, fueron contrastados o nivelados con los datos topográficos para reducir la incertidumbre del equipo G.P.S. La representación gráfica de la ubicación de las secciones transversales se indica en la (**figura 34**), elaborada con base en el mapa topográfico.

<sup>3</sup> (López Alonso, 2005)

**Figura 34.** Secciones transversales del cauce local



\***nota:** La amplitud y nivel del espejo de agua en la imagen es referencial, ya que no corresponde a la fecha del Lev. batimétrico

**Elaboración:** Autor

La descripción de cada sección transversal se indica a continuación:

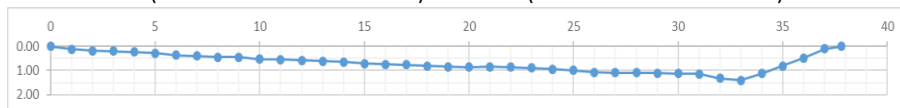
▪ *Sección transversal N° 1*

Esta sección presenta un espejo de agua de 37.5 metros de amplitud y una línea del thalweg con tendencia hacia la margen derecha del río, **ver figura 35**. La profundidad máxima es de 1.41 m., y la media es de 0.73 m. En relación a su área de 26.88 m<sup>2</sup>, y perímetro mojado de 76.27 m, esta sección posee un radio hidráulico de 0.35 metros.

**Figura 35.** Sección Transversal N°1

Altura del espejo de agua: 376.1 m.s.n.m

PP. (X: 613218.3 - Y: 9515902.5) PF. (X: 613238 - Y: 9515870.5)



**Elaboración:** Autor

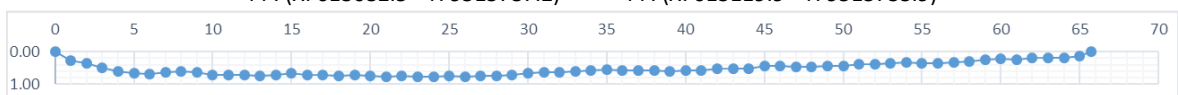
▪ *Sección transversal N° 2*

Esta sección presenta un espejo de agua de 65.7 metros de amplitud, y una línea del thalweg con tendencia hacia la margen izquierda del río, **ver figura 36**. La profundidad máxima es de 0.77 m., y la media es de 0.54 m. En relación a su área de 34.97 m<sup>2</sup> y perímetro mojado de 132.09 m, esta sección posee un radio hidráulico de 0.26 metros.

**Figura 36.** Sección Transversal N°2

Altura del espejo de agua: 375.9 m.s.n.m

PP. (X: 613082.5 - Y: 9515787.2) PF. (X: 613119.9 - Y: 9515733.9)

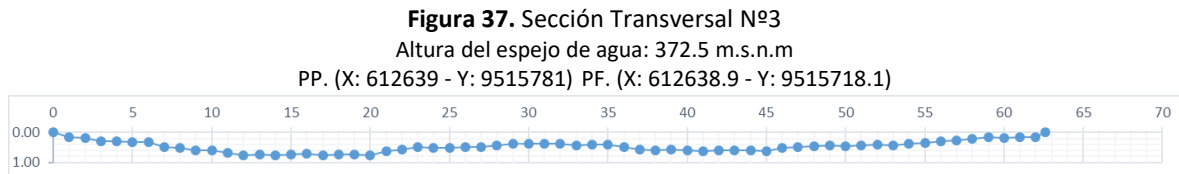


**Elaboración:** Autor



▪ *Sección transversal N° 3*

Esta sección presenta un espejo de agua de 62.6 metros de amplitud, y dos líneas de thalweg separadas en el centro, que indican el inicio de un tramo entrelazado, **ver anterior figura 34, y figura 37**. La profundidad máxima es de 0.78 m., y la media es de 0.48 m. En relación a su área de 29.82 m<sup>2</sup> y perímetro mojado de 126.09 m, esta sección posee un radio hidráulico de 0.24 metros.



**Elaboración:** Autor

Con base en los datos de las secciones transversales, y pendiente longitudinal; se analizó bajo la hipótesis de flujo unidimensional en régimen permanente, las velocidades, caudales, y proyección de caudales de desbordamiento en cada sección. Los resultados se describen a continuación:

*6.5.4.2.1. Velocidad de la corriente*

Para el cálculo de la velocidad del agua en régimen uniforme de cada sección, se utilizó la ecuación de Manning, la cual, es muy utilizada en el cálculo de corrientes en canales abiertos. La ecuación se expresa como:

$$V = \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n}; m/s \quad (3)$$

Donde:

- **V:** Es la velocidad media de la corriente (m/s)
- **R:** Es el radio hidráulico de cada sección (área/perímetro)
- **S:** Es la pendiente media del canal (desnivel/longitud)
- **n:** Coeficiente teórico de rugosidad de Manning, según el tipo de la corriente (cauce natural bajos y sinuosos "0.04")

Integrando los valores de cada sección transversal a la ecuación (3), se obtiene las siguientes velocidades, (**ver tabla 16**).

**Tabla 16.** Velocidad de corriente en cada sección transversal

Nº	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro Mojado (m)	Radio Hidráulico	Rugosidad del lecho	Pendiente del cauce	Velocidad (m/s)
Sección 1	26.88	76.27	0.35	0.04	0.0066	1
Sección 2	34.97	132.09	0.26	0.04	0.0066	0.82
Sección 3	29.82	126.09	0.24	0.04	0.0066	0.78

Elaboración: Autor

Los resultados de la fórmula indican valores satisfactorios, puesto que están acorde con las características de la pendiente longitudinal del lecho, y radio hidráulico de cada sección transversal.

#### 6.5.4.2.2. Caudal

El gasto líquido, hace referencia al caudal que atravesaba las secciones transversales al momento del levantamiento en campo. La fórmula utilizada para determinar el caudal fue:

$$Q = A * V * \text{Cos } \theta \quad (4)$$

Donde:

- **Q**: Es el caudal (m<sup>3</sup>/s)
- **A**: Es el área de la sección transversal (m<sup>2</sup>)
- **V**: Es la velocidad del agua de cada sección transversal (m/s)
- **θ**: Es el ángulo que forma el fluido con la perpendicular de cada sección transversal (pendiente longitudinal del tramo 0.0066 m/m, a porcentaje 0.066%, y a grados 0.038°)

Integrando los valores de cada sección transversal a la fórmula (4), se obtiene los siguientes caudales para cada tramo, (ver tabla 17).

**Tabla 17.** Caudales de las secciones transversales

Nº	Área (m <sup>2</sup> )	Velocidad (m/s)	Ángulo (grados)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Sección 1	26.88	1	0.038	26.88
Sección 2	34.97	0.82	0.038	28.67
Sección 3	29.82	0.78	0.038	23.26

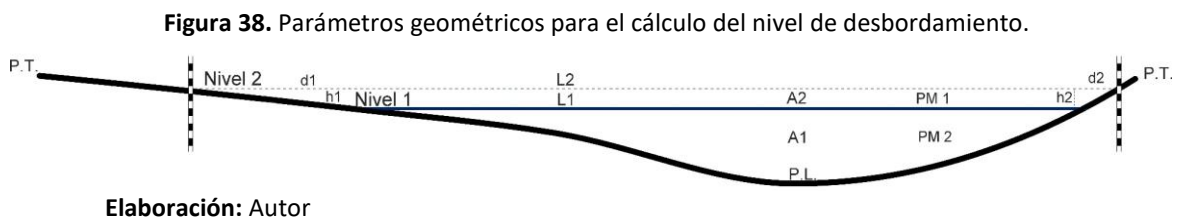
Elaboración: Autor

Teóricamente el caudal del río debería ser igual en todas las secciones, sin embargo, los resultados presentan una incertidumbre de más/menos  $5.41 \text{ m}^3/\text{s}$  a  $1.79 \text{ m}^3/\text{s}$ , por lo cual, se concluye una media de  $26.27 \text{ m}^3/\text{s}$  para la fecha del levantamiento en campo, que comparado con el día de aforo registrado en la estación hidrométrica “Puente Internacional” ( $24.7 \text{ m}^3/\text{s}$ ) el resultado se indica como satisfactorio.

#### 6.5.4.2.3. Caudal de desbordamiento

Para determinar los caudales capaces de provocar el desbordamiento del cauce, se realizó un análisis geométrico sobre la base de los datos del levantamiento topográfico y secciones transversales (área y perímetro mojado) que ocuparían los niveles de desbordamiento respecto a cada sección.

Los parámetros geométricos necesarios para este cálculo se indican en la **(figura 38)**.



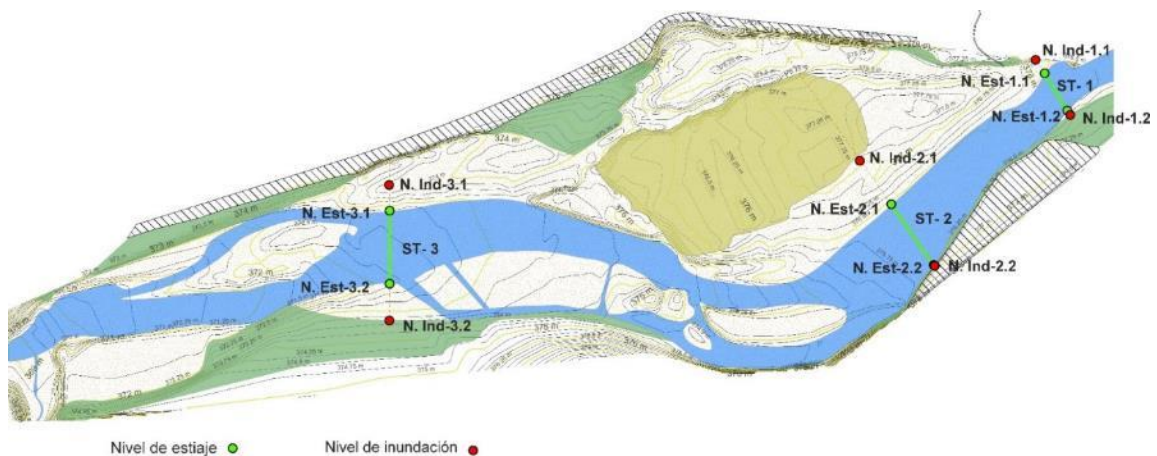
Donde:

- **Nivel 1:** Es el punto determinado en campo, al que alcanzó la altura del espejo de agua durante el levantamiento batimétrico con baliza.
- **Nivel 2:** Es el punto determinado en campo, al que debería alcanzar la altura del espejo de agua para causar el desbordamiento.
- **PT:** Es la línea del perfil natural del terreno en donde se ubica cada sección; obtenida del levantamiento topográfico.
- **PL:** Es la línea del perfil natural del lecho de cada sección; obtenida mediante el levantamiento batimétrico con baliza.
- **A1:** Es el área de la sección transversal del cauce respecto al nivel 1; obtenida de los datos del levantamiento batimétrico con baliza.
- **A2:** Es el área de la sección transversal del cauce respecto al nivel 2, por determinar.

- **Pm. 1:** Es el perímetro mojado de la sección transversal del cauce respecto al nivel 1; obtenida de los datos del levantamiento batimétrico con baliza.
- **PM 2:** Es el perímetro mojado de la sección transversal del cauce respecto al nivel 2, por determinar.
- **L 1:** Longitud del espejo de agua del nivel 1.
- **L 2:** Longitud del espejo de agua del nivel 2.
- **d 1:** Es la distancia de separación sobre la horizontal, entre la ubicación del punto del nivel 1, y la ubicación del punto del nivel 2, en la margen izquierda del río.
- **d 2:** Es la distancia de separación sobre la horizontal, entre la ubicación del punto del nivel 1, y la ubicación del punto del nivel 2, en la margen derecha del río.
- **h 1:** Es la diferencia de altura entre el nivel 1 y 2 en la margen izquierda del río.
- **h 2:** Es la diferencia de altura entre el nivel 1 y 2 en la margen derecha del río.

La ubicación gráfica en campo de los niveles 1, y 2 para cada sección transversal se indican en la **figura 39**, elaborada con base en el mapa topográfico:

**Figura 39.** Ubicación de los niveles de inundación del tramo local



**Elaboración:** Autor

La ubicación geográfica de los niveles 1 y 2 a ambas márgenes del río se detalla en la **(tabla 18)**.

**Tabla 18.** Ubicación geográfica de niveles de estiaje e inundación

Nº	Tipo Nivel	Este	Norte	Cota
Sección 1	Nivel de estiaje 1-1	613218.3	9515902.5	376.1
	Nivel de inundación 1-1	613210.7	9515914.9	376.5
	Nivel de estiaje 1-2	613238	9515870.5	376.1
	Nivel de inundación 1-2	613240.6	9515866.7	376.5
Sección 2	Nivel de estiaje 2-1	613082.5	9515787.2	375.9
	Nivel de inundación 2-1	613054.7	9515826	377
	Nivel de estiaje 2-2	613120.2	9515733.4	375.9
	Nivel de inundación 2-2	613120.6	9515732.9	377
Sección 3	Nivel de estiaje 3-1	612639	9515781	372.5
	Nivel de inundación 3-1	612638.8	9515804.6	374
	Nivel de estiaje 3-2	612638.9	9515718.4	372.5
	Nivel de inundación 3-2	612638.7	9515684.8	374

Elaboración: Autor

Las dimensiones de los parámetros geométricos necesarios para determinar el área y perímetro mojado del nivel de desbordamiento indicados en la **anterior figura 38**, se detallan a continuación, (**ver tabla 19**):

**Tabla 19.** Parámetros geométricos para el cálculo del área y perímetro mojado del nivel de desbordamiento

Nº	h1 (m)	h1 (m)	d1 (m)	d2 (m)	L1 (m)	L2 (m)	A1 (m <sup>2</sup> )	A2 (m <sup>2</sup> )	Pm. 1 (m)	Pm. 2 (m)
Sección 1	0.4	0.4	14.5	4.7	37.5	56.7	26.88	18.84	76.27	113.4
Sección 2	1.1	1.1	47.7	0.6	65.7	114	34.97	98.8	132.09	228.6
Sección 3	1.5	1.5	23.6	33.6	62.6	119.8	29.82	136.8	126.09	239.7

Elaboración: Autor

Finalmente, el área y perímetro mojado del nivel de desbordamiento se obtiene de la sumatoria del área y perímetro mojado del Nivel 1 y Nivel 2, (**ver tabla 20**).

**Tabla 20.** Área y perímetro mojado del nivel de desbordamiento

Nº	A1 (m <sup>2</sup> )	A2 (m <sup>2</sup> )	Pm. 1 (m)	Pm. 2 (m)	$\Sigma A1 + A2$ (m <sup>2</sup> )	$\Sigma Pm1 + Pm2$ (m)
<b>Sección 1</b>	26.88	18.84	76.27	113.4	45.7	189.7
<b>Sección 2</b>	34.97	98.8	132.09	228.6	133.7	360.7
<b>Sección 3</b>	29.82	136.8	126.09	239.7	166.6	365.8

Elaboración: Autor

Integrando los valores a la fórmula utilizada para el cálculo de velocidad de la corriente (**3**), y cálculo de caudal (**4**), se obtiene los siguientes caudales de desbordamiento para cada sección transversal, (**ver tabla 21**).

**Tabla 21.** Caudales de inundación en cada sección

Nº	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro mojado (m)	Radio Hidráulico (m)	Pendiente del cauce (m/m)	Rugosidad del lecho	Velocidad (m/s)	Grados (°)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
<b>Sección 1</b>	45.7	189.7	0.24	0.0066	0.04	0.78	0.038	35.6
<b>Sección 2</b>	133.7	360.7	0.37	0.0066	0.04	1.04	0.038	139
<b>Sección 3</b>	166.6	365.8	0.45	0.0066	0.04	1.19	0.038	198.2

Elaboración: Autor

Respecto a los resultados se concluye que: para el caso de la sección transversal número 1, se necesita de un caudal de 36 m<sup>3</sup>/s para que el agua discurra por el canal de inundación; para la sección transversal número 2, se necesita de un caudal de 139 m<sup>3</sup>/s, para que el nivel del agua alcance la corona de la isla fluvial; y para la sección transversal número 3, se necesita de un caudal de 198 m<sup>3</sup>/s, para que nivel del agua, cubra todo el tramo local.

De acuerdo al hidrograma anterior (**ver anterior figura 31**), los caudales iguales o mayores a 35 m<sup>3</sup>/s se representan desde principios de enero a julio, los caudales iguales o mayores a 139 m<sup>3</sup>/s se presentan durante marzo a abril, y los caudales iguales o mayores a 198 m<sup>3</sup>/s que vendrían a ser los de máxima avenida, ocurren a menudo a mediados de marzo - abril.

### 6.5.5. Análisis geomorfológico

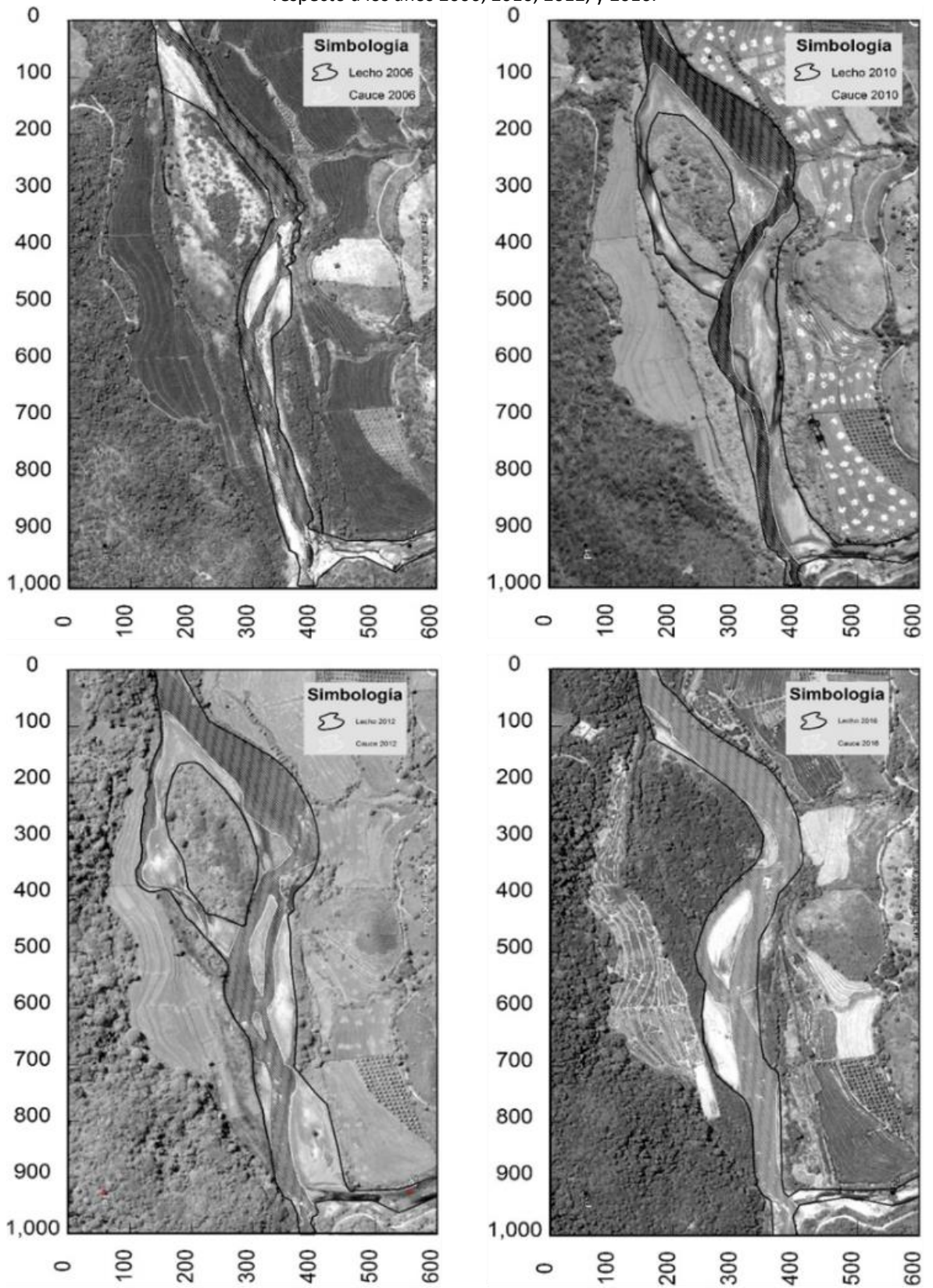
El análisis morfológico del tramo local se realizó con la finalidad de observar los cambios de la geomorfología del cauce y riberas a consecuencia de los procesos de erosión, transporte, y sedimentación que provoca la dinámica fluvial de las avenidas extraordinarias y recurrentes, como base de la planificación y gestión de las labores de explotación de pétreos.

Dicho análisis fue sustentado por el registro cronológico de las evidencias efímeras encontradas en las imágenes históricas de Google Earth (2006, 2010, 2012, y 2016), y evidencias topográficas implícitas en los resultados del levantamiento en campo, logrando reconstruir una serie histórica de 11 años que comprende a dos de los últimos episodios de retorno del fenómeno de El Niño 2010 y 2017; el cual, se caracteriza por provocar las avenidas de más alta intensidad dentro del funcionamiento hidrológico del río.

La imagen del 2006 muestra las condiciones de “línea base” con las que parte el análisis geomorfológico; la imagen del 2010 muestra las evidencias o cambios morfológicos provocados por las avenidas extraordinarias del Niño del 2010. Las imágenes de 2012 y 2016, muestran los cambios morfológicos provocados por avenidas recurrentes durante ese periodo para finalmente corroborarlos con los cambios provocados por las avenidas de El Niño del 2017 implícitas en los resultados de la topografía, **(ver siguiente figura 40)**.

*Espacio en blanco dejado por el Autor*

**Figura 40.** Zonificación de las márgenes y cauce del tramo local respecto a los años 2006, 2010, 2012, y 2016.



Fuente: Google Earth  
 Elaboración: Autor

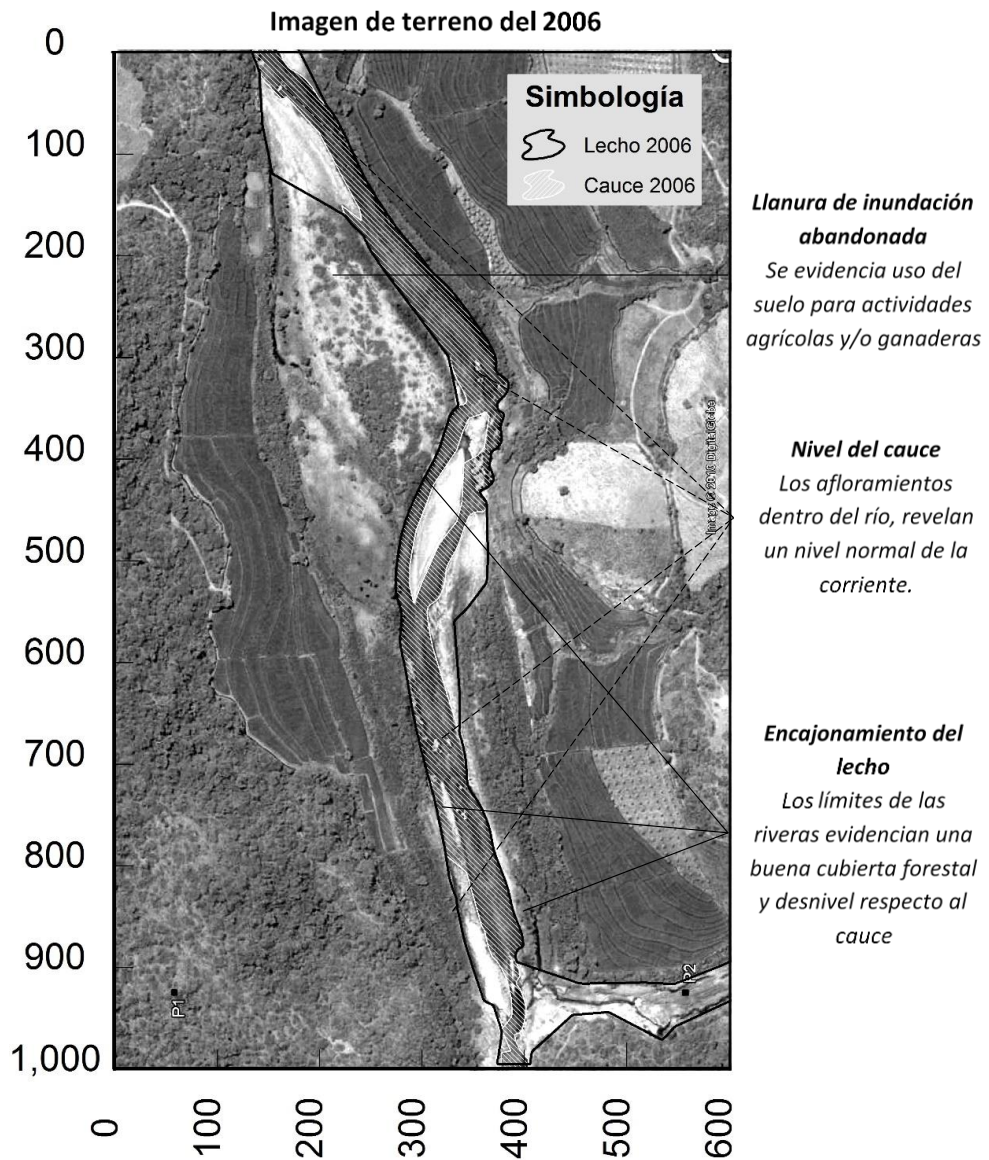


Los resultados del análisis geomorfológico se detallan a continuación:

▪ ***Características geomorfológicas sobre las márgenes y lecho mayor del tramo local en el 2006.***

En la imagen de terreno del año 2006 se puede evidenciar las condiciones de equilibrio del escenario fluvial previo a las avenidas extraordinarias. El depósito aluvial se encuentra abandonado en un nivel superior por el cauce, no se evidencia repercusión de los procesos de erosión en las riberas, los depósitos en forma de barras y bancos de material de arrastre se ubican a lo largo del tramo, **(ver figura 41).**

**Figura 41.** Evidencias geomorfológicas del tramo local en el 2006

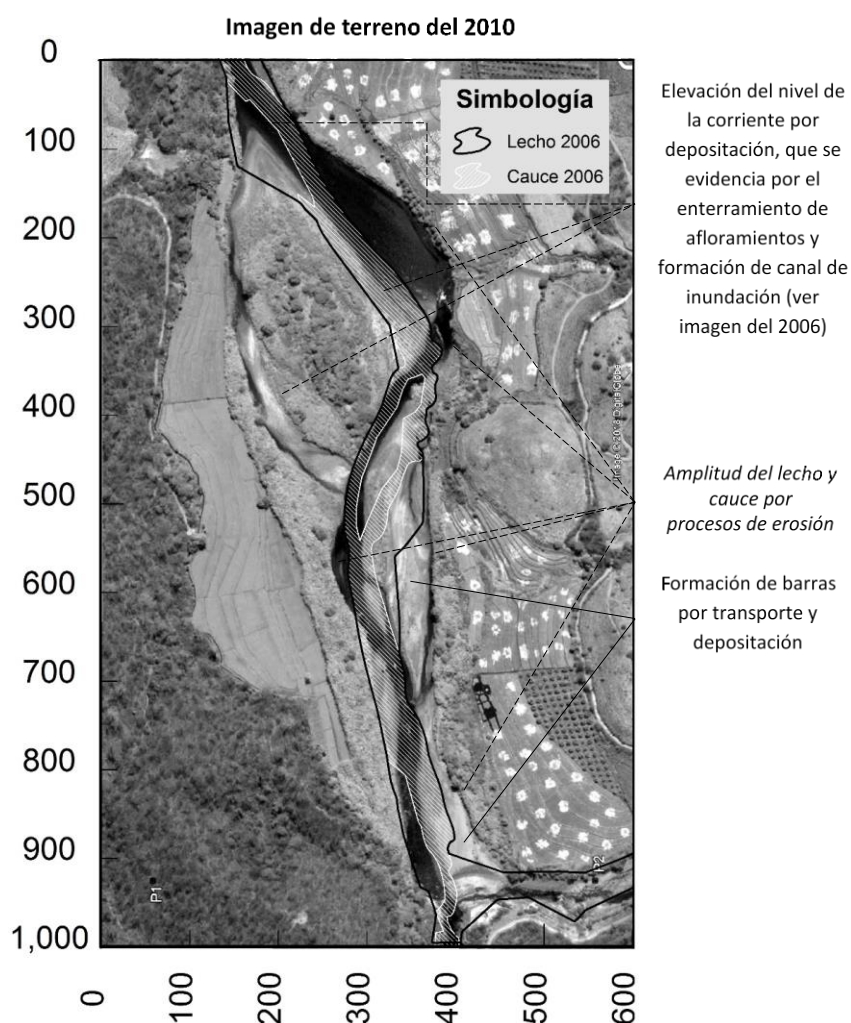


Fuente: Google Earth, 2006  
Elaboración: Autor

- **Cambios geomorfológicos ocurridos sobre las márgenes y lecho mayor del tramo local como respuesta a las avenidas extraordinarias ocurridas entre el 2006, y el fenómeno de El Niño del 2010.**

En la imagen de terreno del año 2010 se puede evidenciar que la dinámica fluvial de las avenidas extraordinarias ha favorecido la agradación del nivel base de la corriente en la cabecera del depósito, propiciando la formación de un canal de inundación por mecanismos de avulsión erosiva<sup>4</sup>. Además, se evidencia el desarrollo de meandros y erosión de riveras, **(ver figura 42).**

**Figura 42.** Cambios morfológicos provocados entre 2006 y 2010



**Fuente:** Google Earth, 2010

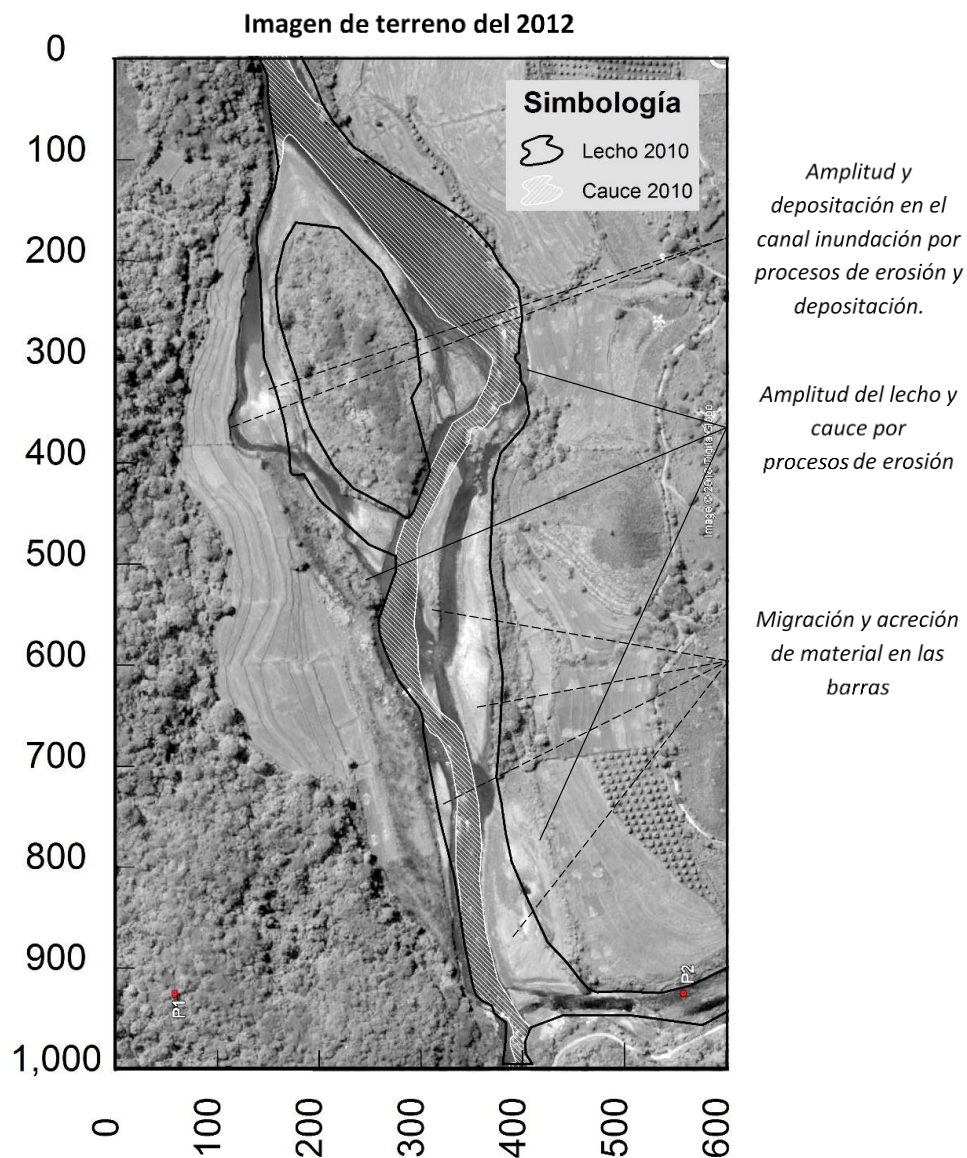
**Elaboración:** Autor

<sup>4</sup> **Avulsión erosiva:** Las avulsiones erosivas ocurren cuando un nuevo canal crea un camino más recto a través del paisaje. Esto puede suceder durante las grandes inundaciones en situaciones en las que la pendiente del nuevo canal es sustancialmente mayor que la del antiguo canal. (Slingerland & Smith, 1998)

- ***Cambios geomorfológicos ocurridos sobre las márgenes y lecho mayor del tramo local como respuesta a las avenidas extraordinarias ocurridas entre 2010 y 2012.***

En la imagen de terreno del año 2012, se puede evidenciar que la dinámica fluvial de las avenidas extraordinarias ha desarrollado el lecho del canal de inundación, la erosión de las riveras se ha acentuado en los márgenes externos de los meandros permitiendo la ampliación del depósito aluvial. La migración y formación de barras se localiza en los márgenes internos de los meandros, **(ver figura 43).**

**Figura 43.** Cambios morfológicos ocurridos entre 2010 y 2012



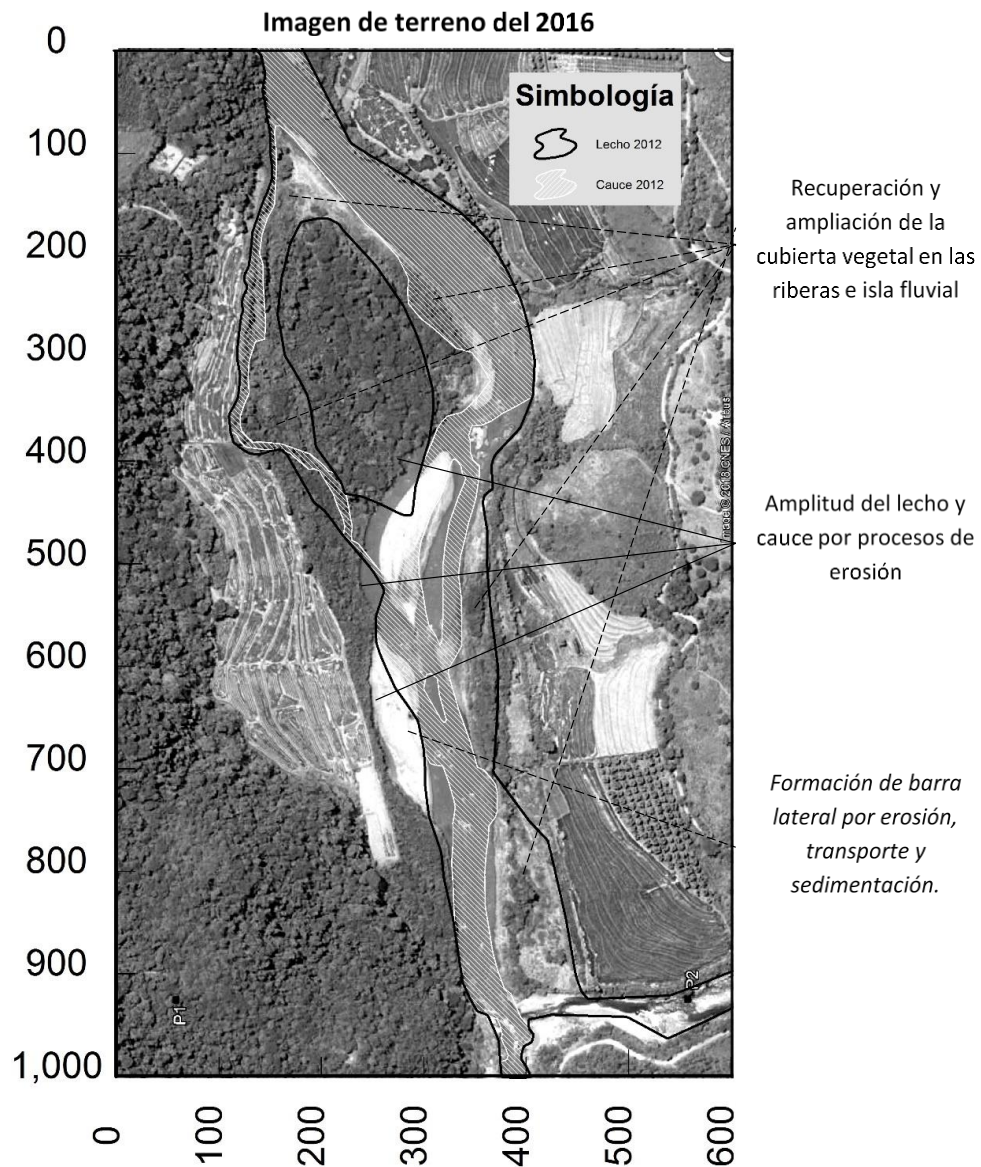
Fuente: Google Earth, 2012

Elaboración: Autor

- ***Cambios geomorfológicos ocurridos sobre las márgenes y lecho mayor del tramo local como respuesta a las avenidas ocurridas entre 2012 y 2016.***

En la imagen de terreno del año 2016, se puede evidenciar que el tránsito de avenidas recurrentes no ha repercutido en el depósito aluvial, por lo que la cobertura vegetal ha mejorado su densidad y estabilidad provocando la obstaculización total del canal de inundación y el encauzamiento del canal principal. Los procesos de erosión, y sedimentación se acentúan en la parte baja del depósito a los márgenes de los meandros, **(ver figura 44).**

**Figura 44.** Cambios morfológicos ocurridos entre 2012 y 2016

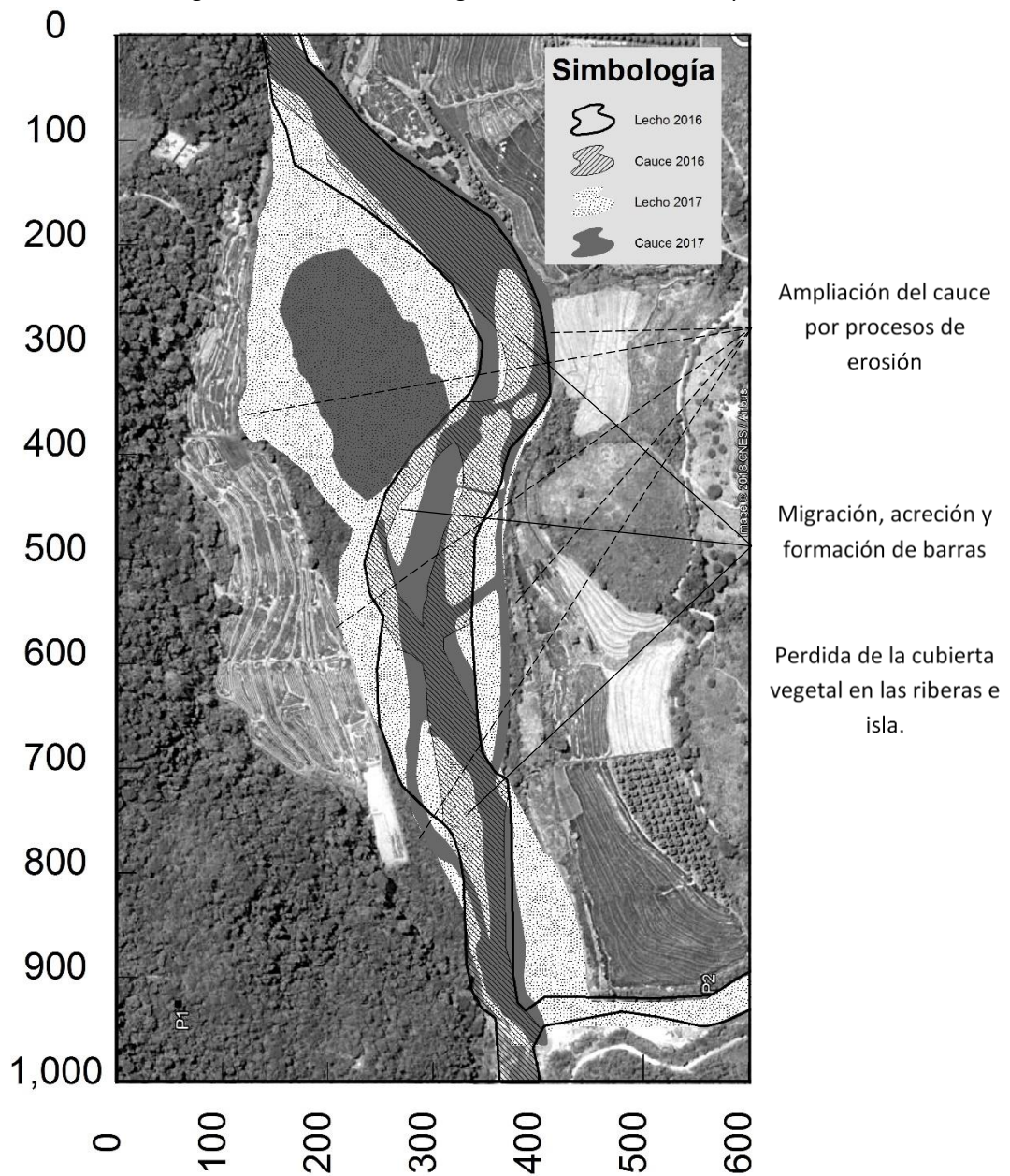


**Fuente:** Google Earth, 2016  
**Elaboración:** Autor

- ***Cambios geomorfológicos ocurridos sobre las márgenes y lecho mayor del tramo local como respuesta a las avenidas extraordinarias ocurridas entre el 2016 y el Fenómeno del niño costero del 2017.***

En superposición de la topografía del terreno del 2017 con la imagen de terreno del 2016, se puede evidenciar que las avenidas extraordinarias han provocado la pérdida de las riberas y cobertura vegetal del depósito aluvial, el depósito de material se establece en todo el tramo local, **(ver figura 45).**

**Figura 45.** Cambios morfológicos ocurridos entre 2016 y 2017



**Fuente:** Google Earth, 2016.  
**Elaboración:** Autor

Sobre la base de los resultados del análisis geomorfológico, se concluye que: la geomorfología fluvial del tramo local se modifica constantemente por el retorno de avenidas extraordinarias y avenidas recurrentes, salvo el área de la corona de la isla fluvial.

Las avenidas extraordinarias en correlación con la baja pendiente longitudinal del tramo, y baja resistencia de los materiales de encajonamiento, propicia procesos de agradación, mecanismos de avulsión erosiva y desarrollo de meandros, (**ver anteriores figuras 42, 43, y 45**); los procesos de agradación elevan el nivel base del cauce; los mecanismos de avulsión erosiva desarrollan la formación de un canal de inundación que acentúa la erosión al costado izquierdo de la terraza aluvial e isla fluvial; por su parte, el desarrollo de meandros acentúa la erosión por curvatura en los márgenes externos y la depositación por pérdida de energía en los márgenes internos permitiendo un continuo aumento de sinuosidad y ensanchamiento del tramo.

Por lo que respecta a al comportamiento de avenidas recurrentes ( $<120 \text{ m}^3/\text{s}$ ), se evidencia que estas al poseer un gasto líquido mucho mayor al gasto sólido, conllevan a la degradación del cauce por “aguas hambrientas” (tendencia a recoger y transportar sedimento)<sup>5</sup>, sin repercutir en el del depósito aluvial, lo cual permite que la vegetación prolifere y se establezca localmente modificando las dimensiones del cauce del río, (**ver anterior figura 45**).

#### **6.5.6. Zonificación de las riberas por estabilidad frente a la erosión**

Conocida la repercusión de la dinámica fluvial de las avenidas extraordinarias sobre las márgenes del tramo local, se realizó el reconocimiento y zonificación de las áreas más inestables por erosión lateral, para garantizar la gestión adecuada de las actividades de explotación, y tener constancia de las condiciones actuales.

La zonificación se realizó con base en las evidencias del análisis geomorfológico, diferenciando cuatro categorías:

- *Margen estable.* - Comprende aquellas áreas donde la ocurrencia de acciones erosivas no ha mostrado condiciones de deterioro.

---

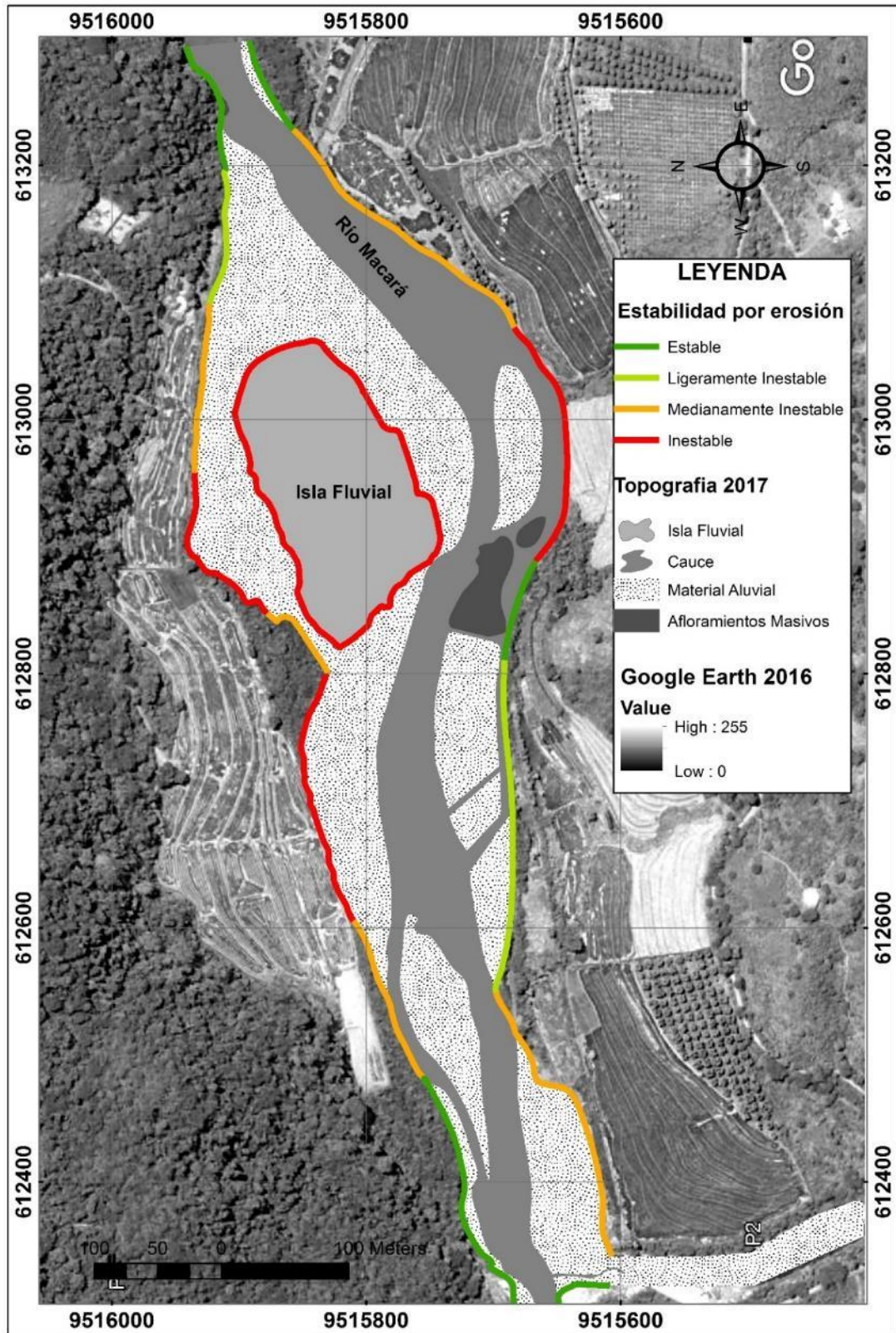
<sup>5</sup> Lane, E. W. (1955). The importance of fluvial morphology in hydraulic engineering. Proceedings, ASCE, Vol. 81, Paper 745, July.

- *Margen ligeramente inestable.* - Comprende aquellas áreas donde la ocurrencia de acciones erosivas ha mostrado pocas condiciones de deterioro.
- *Margen medianamente inestable.* - Comprende aquellas áreas donde la ocurrencia de acciones erosivas ha mostrado fuertes condiciones de deterioro, pero no están activas.
- *Margen inestable.* - Comprende aquellas áreas donde la ocurrencia de acciones erosivas ha mostrado fuertes condiciones de deterioro y están activas (generalmente presentan derrumbes ocasionales).

Los resultados de la zonificación fueron corroborados con los resultados del mapeo de afloramientos, para diferenciar las características geotécnicas de los márgenes de acuerdo a las categorías propuestas, (**ver figura 46**). A continuación, se describe los resultados:

- Los márgenes estables pertenecen a sitios que poseen buena cobertura vegetal (árboles, arbustos), se localizan en tramos no sinuosos, y están conformados por materiales de alta resistencia (andesitas); ejemplo de ello es el afloramiento 1, 13, y 18.
- Los márgenes ligeramente inestables, pertenecen a sitios que poseen buena cobertura vegetal (árboles y arbustos), se localizan en tramos poco sinuosos y están conformados por materiales de buena o baja resistencia (andesitas, conglomerados); ejemplo de ello es el afloramiento 2, 11, y 12.
- Los márgenes medianamente inestables, pertenecen a sitios que poseen poca cobertura vegetal (arbustos), se localizan en tramos sinuosos y están conformados por materiales de baja resistencia (conglomerados); ejemplo de ello es el afloramiento 3, 9, y 10.
- Los márgenes inestables, pertenecen a sitios que poseen poca o nada cobertura vegetal (arbustos), se localizan en las curvas externas de los meandros e isla fluvial, y están conformados por materiales de baja resistencia (conglomerado, arcilla, material aluvial); ejemplo de ello es el afloramiento 14, 15, y 16.

Figura 46. Estabilidad de los márgenes a la erosión fluvial



Fuente: Google Earth, 2016.

Elaboración: Autor



## 6.6. Plan de explotación del depósito aluvial

### 6.6.1. Proyección general de la explotación

#### 6.6.1.1. Volumen de producción anual

Para establecer el volumen de producción anual del proyecto se recopiló información sobre la producción anual de material pétreo de las áreas mineras y libres aprovechamientos del cantón Macará para establecer un volumen indicador de la demanda local, (**ver Anexo 12**). Los registros indican un volumen de producción total de 14.689 m<sup>3</sup> de material a granel que es destinado para la obra pública y privada. Por lo tanto, este volumen se convierte en el pilar del dimensionamiento del proyecto, y se redondea a una producción anual de 15.000 m<sup>3</sup> para cubrir la demanda local.

#### 6.6.1.2. Vida útil

Hipotéticamente la vida útil del depósito podría prolongarse indefinidamente en el tiempo, ya que la recarga de material es periódica. Sin embargo, al prever un prolongado tiempo de estiaje o sin recarga, resulta necesario determinar el tiempo de operación máximo con el que se contaría para abastecer la demanda local en base a las reservas. Por consiguiente, al relacionar el volumen de reservas probadas “in situ” con el volumen de producción anual, se calcula un tiempo máximo de abastecimiento de 5.39 años.

$$\text{Tiempo máximo de abastecimiento frente a periodos de estiaje} = \frac{\text{Reservas probadas}}{\text{Volumen de producción anual}}$$
$$\text{Tiempo máximo de abastecimiento frente a periodos de estiaje} = \frac{80,863 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}}{15,000 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}} = 5.39 \text{ años}$$

#### 6.6.1.3. Calendario de labores mineras

Considerando el carácter torrencial del río Macará, el calendario anual del proyecto estará condicionado por la variación de caudales de estiaje a inundación. De este modo, precisando los caudales de desbordamiento (>35 m<sup>3</sup>/s) durante febrero-junio, y los de estiaje en julio-enero, el proyecto contemplaría anualmente una suspensión de las labores de extracción de 5 meses, y un periodo de extracción de 7 meses. No obstante, este calendario deberá ajustarse a las variaciones hidrológicas de cada año.

*Calendario interanual* = tiempo de suspensión (inundación) + tiempo de operación (estiaje)

$$\text{Calendario interanual} = 5 \text{ meses} + 7 \text{ meses} = 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}}$$

## 6.6.2. Selección del método explotación

En consideración de que el río posee un carácter torrencioso, se analizó la aplicación de un método de explotación a cielo abierto que permita el aprovechamiento del depósito aluvial durante caudales de estiaje, sin comprometer el cauce y las riberas.

De este modo, entre las opciones más apropiadas se analizó el método por “Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavador” y el de “Extracción por diques transversales”. A continuación, se realiza una breve descripción de ambos métodos.

### 6.6.2.1. Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavador

Este método consiste en la extracción directa de material del lecho mayor a un solo banco, mediante tajos lineales laterales al río, (**ver figura 47**). Generalmente este método se usa en la zona seca del cauce o donde la profundidad sea menor, trabajando parcialmente bajo agua, (UICN, 2009).

**Figura 47.** Explotación por tajos lineales laterales al río



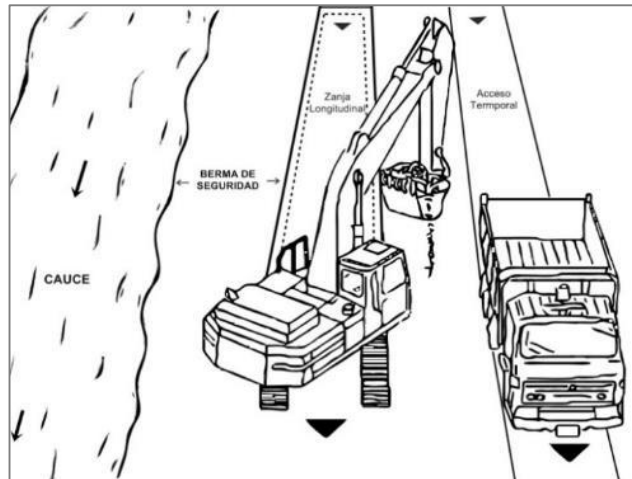
Fuente: [www.guayas.gob.ec](http://www.guayas.gob.ec), 2015

#### 6.6.2.1.1. Diseño y ejecución

El diseño de los tajos obedece a la geometría del cauce, con una profundidad de excavación por encima de la línea del thalweg.

Para la ejecución de este método primeramente se realiza el destape y preparación del área del tajo (si lo es necesario), que consiste en el desbroce de la vegetación y/o remoción de estériles, como: sobre tamaños o restos vegetales. Descubierta el depósito, la extracción de material se realiza directamente, realizando la doble función de arranque y carga con avance en frente único y en secuencia lateral (**ver figura 48**).

**Figura 48.** Extracción paralela con pala hidráulica



Elaboración: Autor

Para el arranque y carga de material se debe contar con retroexcavadoras o excavadoras. Y para el transporte se debe contar con: volquetas y una red de caminos temporales paralelos a la excavación.

#### *6.6.2.1.2. Ventajas y desventajas*

Las ventajas de este método son:

- ✓ Favorece la extracción por capas alcanzando el fondo previsto.
- ✓ Posee una alta producción de material pétreo a diferencia de otros métodos.
- ✓ Doble función de arranque y carga de material.

En cambio, sus desventajas son:

- La excavación por tajos puede modificar la pendiente longitudinal del lecho, causando la propagación de la incisión aguas arriba y aguas abajo del tajo (fenómeno conocido como erosión remontante), ya que posee bajo control sobre la profundidad de excavación.

#### *6.6.2.2. Explotación por diques transversales*

Este método consiste en la colocación de una línea de rocas de sobre tamaño, cajones de madera, o bloques de concreto, perpendiculares a la corriente del río; con el fin de retener el material conducido por la corriente, (**ver figura 49**). Este método no altera el lecho, ni las riberas del río, (Mojica Villamizar & Manrique Alfonso, 2009).

**Figura 49.** Establecimiento de diques para retención de arenas  
Río Coello–Cuenca Media



**Fuente:** Ministerio de Minas y energía de Colombia, 20014.

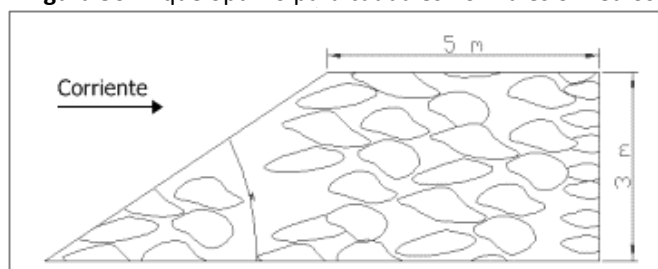
#### 6.6.2.2.1. *Diseño y ejecución*

El diseño de los diques transversales depende de la cantidad de caudal que tenga el río, clasificándolos en tres tipos:

- Caudal mínimo: Se presenta en épocas de sequía donde el transporte de material es bajo o casi nulo (26 m<sup>3</sup>/s).
- Caudal normal: Este tipo de caudal se tiene cuando hay condiciones ambientales normales donde el caudal es conocido como lecho natural (69.53 m<sup>3</sup>/s).
- Caudales Extraordinarios: se producen cuando existen periodos fuertes y prolongados de lluvia, donde el río crece de forma exorbitante que puede llegar a inundar sembrío y pueblos cercanos (95.53 m<sup>3</sup>/s).

Cada uno de estos tipos de caudales posee una clase diferente de dique, el cual varía en su materia prima; los hay de madera, ideales para los ríos con caudal de estiaje; de gaviones para caudales normales (**ver figura 50**), y en concreto para caudales extraordinarios, (Mojica Villamizar & Manrique Alfonso, 2009).

**Figura 50.** Dique óptimo para caudales normales o medios



**Fuente:** Mojica Villamizar & Manrique Alfonso, 2009.

Para la ejecución de este método se realiza primeramente la preparación del sitio de construcción de los diques aprovechando tempranamente los materiales removidos en este proceso.

Una vez construidos y con recarga de grava y arena, se realiza la remoción y carga de materiales empleando excavadoras o cargadoras frontales. El medio de transporte utilizado son volquetas y una red de caminos habituales que conecta a todos los diques transversales.

#### *6.6.2.2.2. Ventajas y desventajas*

Las ventajas de este método son:

- ✓ Favorece la obtención de materiales de granulometría fina.
- ✓ Mitiga los impactos ambientales producidos en el lecho y riberas del río.

En cambio, sus desventajas son:

- Perturba más superficie para conseguir volúmenes “económicamente” explotables, dado a que se limita a la remoción de los materiales acumulados.
- Demanda de altos costos de implementación, cuando se requiere la construcción de diques para caudales normarles a extraordinarios.

#### *6.6.2.3. Análisis multicriterio entre ambos métodos de explotación*

Para elegir el método de explotación del proyecto se realizó un “análisis multicriterio” entre las dos opciones: “Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavador” y “Extracción por diques transversales”, considerando sus principales ventajas y desventajas respecto a los siguientes criterios técnicos, ambientales, y económicos:

- Adaptabilidad frente a la topografía del depósito aluvial.
- Rentabilidad por coste de implementación.
- Eficiencia y operatividad en el ciclo minado.
- Protección ambiental.

Las conclusiones del análisis multicriterio se describen en la **(tabla 22)**.

**Tabla 22.** Análisis Multicriterio de los métodos de explotación

Análisis Multicriterio	Ventajas	Desventajas
<p><b>Extracción con pala hidráulica o retro excavador</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Este método se adaptaría muy bien a la topografía plana del depósito aluvial.</li> <li>- Tendría alta eficiencia y operatividad en el de ciclo minado, simplificando el arranque y carga con excavadora o retroexcavadora.</li> <li>- Tendría alta rentabilidad y bajos costos de implementación, ya que solo se considera la adquisición de la maquinaria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intervendría el lecho mayor por excavación, resultando difícil mitigar los impactos de la minería, como: erosión remontante.</li> </ul>
<p><b>Extracción por diques transversales</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Este método se adaptaría bien a la topografía del depósito aluvial.</li> <li>- Tendría alta eficiencia y operatividad en el ciclo minado, simplificando la carga.</li> <li>- No intervendría el lecho mayor por excavación, resultando fácil mitigar los impactos de la minería.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perturbaría más superficie para conseguir “volúmenes económicamente explotables” que cubran la demanda de producción del anual (15000 m<sup>3</sup>/año)</li> <li>- Poseería baja rentabilidad por costos de implementación, puesto que involucra la adquisición de maquinaria, y la construcción de los diques; cuyas dimensiones, estructura y número, debe estar acorde a la geometría del lecho mayor, caudales extraordinarios del río, y meta de producción anual.</li> </ul>

**Elaboración:** Autor

A consideración de los criterios expuestos para cada método en análisis, se concluye que el método de explotación que mejor conviene al proyecto es el de “Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavador” porque solo presentaría una desventaja de tipo ambiental que se puede mitigar. En cambio, el de “Extracción por diques transversales” presenta dos desventajas: una ambiental y otra económica, ambas ineludibles.

### **6.6.3. Implementación del método de explotación**

La explotación de los materiales de arrastre del depósito aluvial “La Cruz” se plantea realizar mediante “Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavador” posterior a la instalación de la infraestructura necesaria para el ejercicio de servidumbres inherentes a las operaciones mineras. La excavación se efectuará por tajos lineales paralelos al cauce, con longitudes variables según de la forma del depósito, y atendiendo las medidas necesarias para prevenir erosión lateral del río. En donde la orientación de los tajos paralela al flujo permitirá la recarga natural de los tajos explotados, mejorará el transporte líquido del cauce por desazolve, y por ende reducirá el impacto de la erosión en las riveras.

Los tajos se ubicarán en los sitios de depósito más recientes, como: barra lateral N°2, y lecho mayor del cauce principal. En donde cada tajo contará con una zona de amortiguación de 10 metros de separación entre el cauce, para proteger la lámina de agua y la margen lateral del río.

La explotación por tajos consistirá en la preparación de los frentes, y posterior extracción mecánica del material del lecho mayor a una profundidad por encima del nivel de thalweg para evitar la migración lateral del cauce, utilizando para esta labor una excavadora que arrancará el material crudo y lo cargará en volquetas para su acarreo hasta la criba; la maquinaria necesaria para efectuar estas labores corresponderá a modelos convencionales utilizados en el movimiento de tierras, ya que el material posee baja cohesión o resistencia a la excavación y sus granulometrías son adecuadas para su manipulación directa.

En la criba se efectuará la clasificación gravimétrica del material crudo, utilizando para ello distintos “tamices” de mallas o barrotes, cuyas dimensiones de “abertura luz” obedecerán al tamaño de los productos que se pretende obtener; entre los cuales consta: Piedra grande (>11 cm), Piedra de empedrado (> 7.5 cm - 11 cm), Gravón (>5 cm – 7.5 cm), Grava (> 2 mm - 5 cm), y Arena (< 2 mm).

El cribado se realizará por vía húmeda, utilizando un monitor hidráulico a presión para mejorar la segregación y transporte de partículas. Las aguas con sólidos en suspensión procedentes del cribado serán canalizadas y vertidas en lagunas de sedimentación, procurando realizar en lo posible el reciclado de las aguas de lavado de los áridos mediante

un circuito cerrado. Los productos obtenidos del cribado deberán ser cargados, trasladados, y depositados en los diferentes patios de stock.

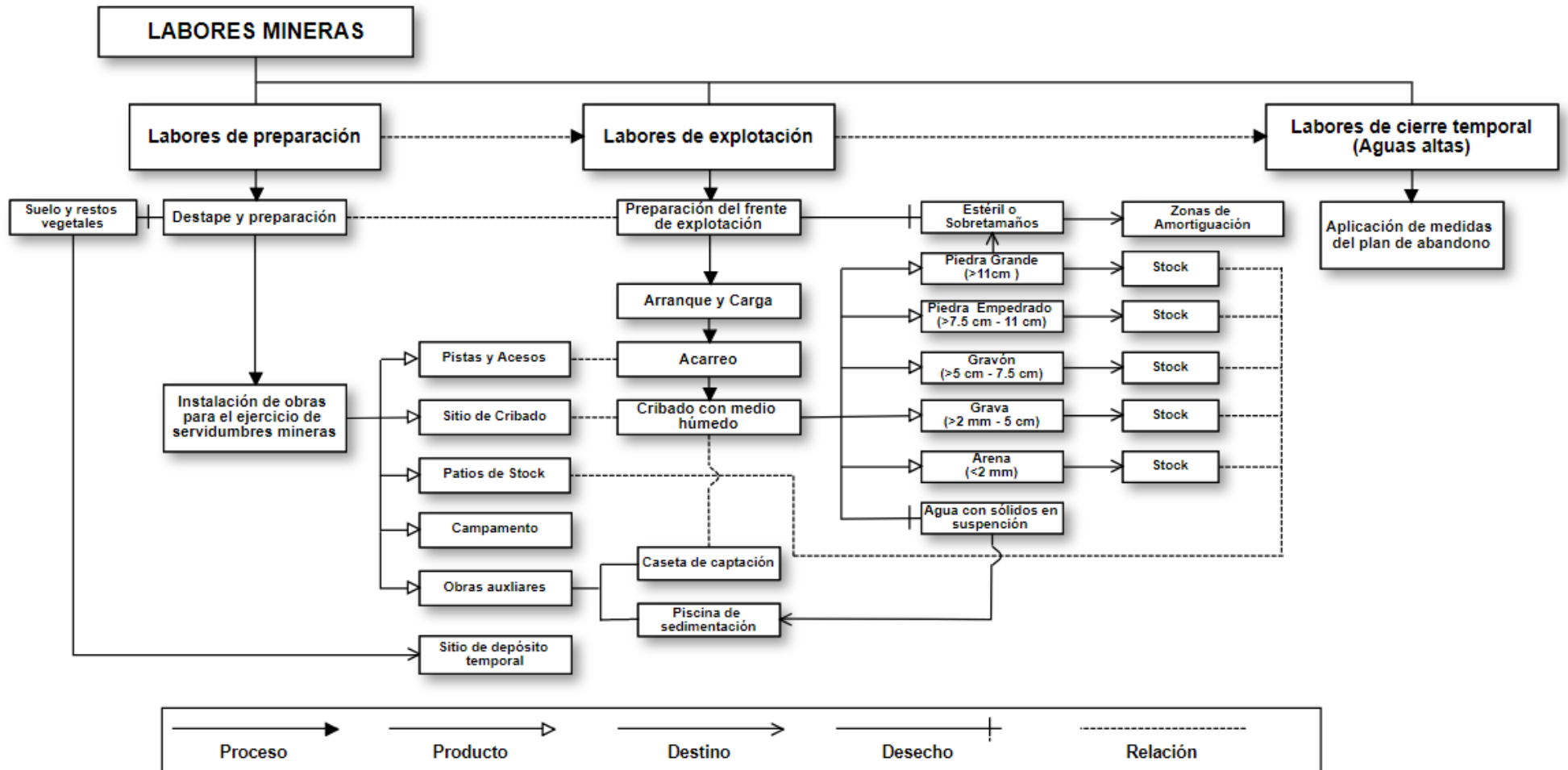
Todas estas labores deberán realizarse durante el verano, puesto que, para la temporada invernal, las aguas altas no permitirán el ingreso a las zonas de explotación y darán origen a la recarga. Por lo tanto, resultará imprescindible: almacenar reservas para abastecer la demanda en invierno, desinstalar las servidumbres localizadas en el lecho mayor y desbrozar la vegetación invasora para evitar encauzamiento. Estas medidas estarán sujetas al plan de cierre temporal.

El diagrama de flujo general que sintetiza el inicio, desarrollo, y final de la explotación en el calendario anual se muestra en la **(figura 51)**.

*Espacio en blanco dejado por el Autor*



Figura 51. Diagrama de flujo general de la explotación del depósito aluvial “La Cruz”



Elaboración: Autor

A continuación, se describe a detalle las labores de mineras:

#### **6.6.4. Labores de preparación**

##### ***6.6.4.1. Destape y preparación***

El destape consistirá en desmontar o retirar la capa vegetal, sobre tamaños, y estériles si existiere en los sitios destinados para la explotación e instalación de obras necesarias para el ejercicio de servidumbres (campamento, patio de stock, etc.); siendo necesario para esta labor, la construcción de un camino piloto para acceder a dichos sitios.

La preparación de los sitios destinados para las obras complementarias se realizará mediante desbroce, y mejoramiento del terreno:

El desbroce consistirá en: cortar, desenraizar, y remover, los arbustos, hierbas, y malezas; el corte podrá efectuarse indistintamente con herramientas de mano o equipos mecánicos; la remoción de raíces podrá efectuarse por excavación o tracción mecánica; la remoción de los restos vegetales se realizará mediante acarreo tomándose las precauciones necesarias para no contaminar el mineral; la disposición de este material se realizará en un patio o solar para su posterior reutilización en las actividades de rehabilitación. Por último, las oquedades causadas por la extracción de raíces, serán rellenadas y apisonadas hasta obtener la firmeza del terreno adyacente; y en las áreas que vayan a servir de base de plataformas de trabajo, las raíces y tocones serán eliminadas a menos 30 cm del nivel de la superficie para preservar la estabilidad natural del terreno.

El mejoramiento del terreno se efectuará mediante escarificación, nivelación, humedecimiento, y compactación de los materiales del lecho mayor, asegurando que las granulometrías pequeñas como arena sean sustituidas por granulometrías mayores como grava, para obtener una mayor resistencia a la carga, erosión, y a la inundación de larga duración; la escarificación, y nivelación podrá ser efectuada por buldócer, el humedecimiento por carro-tanque, y la compactación por vibrocompactador.

#### **6.6.4.2. Dimensionamiento y ubicación de obras e instalaciones necesarias para el ejercicio de servidumbres inherentes a las operaciones mineras.**

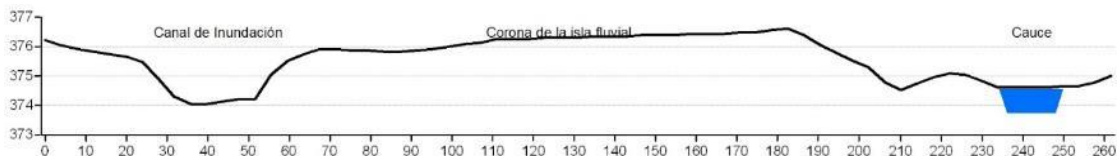
A continuación, se describe las características y ubicación de las áreas operativas inherentes al proyecto, **(ver plano Anexo 13)**.

##### **6.6.4.2.1. Sitio de cribado**

Para el sitio de cribado se estimó una superficie de 144 m<sup>2</sup> en la que se instalará la estructura de la criba (4.8 m de ancho x 12 m de longitud) y su rampa de acceso (4.8 m de ancho x 18 m de longitud).

La ubicación de la criba se destinará en la corona de la isla fluvial, ya que está ubicada a un nivel superior dentro del lecho mayor del río, **(ver figura 52)**. Y ha demostrado poseer mayor estabilidad a la dinámica fluvial según el registro geomorfológico histórico, **(ver anterior figura 40 y 45)**; siendo susceptible a la inundación, pero no al impacto hidráulico por la vegetación que le antepone.

**Figura 52.** Perfil topográfico de la corona de la isla fluvial



**Elaboración:** Autor

##### **6.6.4.2.2. Patios de Stock**

Para realizar el stock de material se adecuará dos patios de 2,500 m<sup>2</sup> cada uno; el primero será destinado para almacenar arena y grava, y el segundo para almacenar gravón, piedra de empedrado y piedra grande; al realizar el apilamiento en montículos de 2 m de alto utilizando una cargadora frontal, se estima una capacidad de almacenamiento total de 10,000 m<sup>3</sup> de material.

Los patios de stock estarán ubicados en la corona de la isla fluvial **(ver plano Anexo 13)**, y se prevén utilizar solamente durante los meses de estiaje (7 meses); y para finales de dicho periodo se prevé trasladar las reservas existentes a un nivel superior para abastecer la demanda durante el invierno. El sitio de nivel superior deberá adquirirse o arrendarse.

#### 6.6.4.2.3. *Deposito temporal de restos vegetales*

La disposición de desechos provenientes del desbroce de vegetación o limpieza de frentes de explotación se destinará en un área de 1,000 m<sup>2</sup> dentro de la terraza coluvio-aluvial situada al margen derecho del canal de inundación, **(ver plano Anexo 13)**. Lugar que posee una cota superior a la del lecho que evita que los desechos no constituyan un obstáculo para las labores de explotación, ni para el flujo de inundación.

#### 6.6.4.2.4. *Campamento*

El sitio destinado para el campamento fue la terraza aluvial ubicada al “este” y entrada del depósito aluvial, lugar que cuenta con el espacio suficiente para las necesidades del campamento (280 m<sup>2</sup>), y que se encuentra fuera de las áreas de trabajo, a un nivel superior del lecho mayor del río, **(ver plano Anexo 13)**.

De acuerdo a las necesidades del proyecto, el campamento contará con las siguientes instalaciones:

- Oficina. - Para coordinar la logística y gestión del proyecto; esta instalación estará dotada con mobiliaria de oficina, botiquín, y extintor, dentro de un área de 15 m<sup>2</sup>.
- Bodega. - Para guardar las herramientas menores y equipos de seguridad personal; instalación que contará con 25 m<sup>2</sup>.
- Cocina-Comedor. - Para la preparación y servicio de alimentos, esta instalación estará dotada con: mesones, lavabos, mesa, bancas, y otros enseres, en total contará con 30 m<sup>2</sup>.
- Servicio higiénico. - Para la ducha y aseo personal, esta instalación contará con una fosa séptica que recolectará las aguas servidas y domésticas, cumpliendo debidamente con la normativa ambiental; en total contará con 15 m<sup>2</sup>.
- Área de almacenamiento de combustible. - Para reservar y abastecer combustible a la maquinaria pesada, esta instalación deberá estar dotada de una estructura de fijación y protección separada del campamento y aislada dentro de un área de 100 m<sup>2</sup>.

- Parqueadero. - Para el estacionamiento de vehículos particulares el parqueadero contará con un área de 30 m<sup>2</sup>.
- Caseta de guardianía. - Para custodiar las instalaciones y equipos del proyecto, y el ingreso y salida de vehículos; esta instalación contará con 5 m<sup>2</sup>.
- Taller mecánico. - Esta instalación contará con 30 m<sup>2</sup>, y servirá solo para el servicio mantenimiento, como: limpieza, lubricación e inspecciones., ya que el servicio de reparación se realizará en los talleres de la ciudad de Macará.
- Dormitorio. - Para la pernoctación de obreros, esta instalación contará con 25 m<sup>2</sup>.
- Recipientes de desechos. - Para el almacenamiento y disposición final de los desechos sólidos al relleno sanitario se contará con 5 recipientes sobre un área de 5 m<sup>2</sup>, que se diferenciarán de acuerdo al tipo de residuo, como lo establece la Norma Técnica NTE INEN 2841, **ver tabla 23**.

**Tabla 23.** Clasificación general de residuos

Tipo de residuo	Color de recipiente		Descripción de residuo a disponer
Reciclables	Azul		Todo material susceptible a ser reciclado, reutilizado, (vidrio, plástico, papel, cartón, entre otros).
No reciclables, no peligrosos	Negro		Todo residuo no reciclable
Orgánicos	Verde		Origen Biológico, restos de comida, cáscaras de fruta, verduras, hojas, pasto, entre otros. Susceptible a ser aprovechado
Peligrosos	Rojo		Residuos con una o varias características citadas en el C.R.E.T.I.B
Especiales	Anaranjado		Residuos no peligrosos con características de volumen, cantidad y peso que ameritan un manejo especial

**Fuente:** Norma Técnica NTE INEN 2841

**Elaboración:** Autor

- Señalética de seguridad. – Para mejorar la identificación de espacios, riesgos, peligros, etc, se instalará la señalética de informativa y de seguridad a lo largo de todo el proyecto, basada en, la norma ISO 7010, **(ver tabla 24)**.

Tabla 24. Símbolos y gráficos de seguridad

Señales de Obligación				
 USO OBLIGATORIO DE CASCO	 USO OBLIGATORIO DE GUANTES	 USO OBLIGATORIO DE CALZADO DE SEGURIDAD	 USO OBLIGATORIO ROPA PROTECTORA	 USO OBLIGATORIO DE CHALECO REFLECTANTE
Señales de Advertencia				
 ¡PELIGRO! MAQUINARIA PESADA EN MOVIMIENTO	 ¡PELIGRO! RIESGO DE ATROPELLO	 ¡PELIGRO! RIESGO DE TROPEZAR	 ATENCIÓN ZANJA ABIERTA	 ¡PELIGRO! CAÍDA A DISTINTO NIVEL
 RIESGO ELÉCTRICO	 RIESGO BIOLÓGICO	 ¡PELIGRO! DESPRENDIMIENTOS	 RIESGO DE AHOGAMIENTO	 ¡ATENCIÓN! MATERIAS INFLAMABLES
Señales de Prohibición				
 PROHIBIDO ENCENDER FUEGO	 PROHIBIDO PERMANECER EN EL RADIO DE ACCIÓN DE LA MAQUINARIA	 PROHIBIDO SALTAR LAS ZANJAS	 ALTO ACCESO SOLO PERSONAL AUTORIZADO	 PROHIBIDO APARCAR ZONA DE CARGA Y DESCARGA
Señales de Información general				
 PUNTO DE REUNIÓN	 BOTIQUÍN	 SALIDA DE EMERGENCIA	 PRIMEROS AUXILIOS	 SALIDA
Señales de Información contra incendios				
 EXTINTOR DE INCENDIOS	 TELÉFONO DE EMERGENCIA	 MÁSCARA	 TRAJE IGNÍFUGO	 EQUIPOS CONTRA INCENDIOS

Fuente: EBERSING, bajo normativa ISO 7010

Elaboración: Autor

#### 6.6.4.2.5. Pistas y accesos

Entendiéndose como pistas a las vías destinadas para la circulación habitual dentro de las áreas de trabajo, y accesos a las vías destinadas para la circulación de carácter eventual hacia los frentes de explotación; ninguna de estas contemplará medidas extraordinarias de reafirmación o estabilización, puesto que la naturaleza de los materiales garantiza una circulación segura y sin dificultades en el terreno.

La dimensión de los accesos será variable dado su carácter eventual, no obstante, las pistas por su carácter habitual contarán con las siguientes dimensiones:

- Amplitud de pistas

Como no se prevé tráfico intenso y cruce de maquinaria, las pistas serán de un solo carril con una amplitud mínima correspondiente a la del vehículo mayor que circule por ellas, sumado un margen de seguridad pertinente. El cálculo se definió como:

$$\text{Amplitud del carril} = \text{Amplitud del mayor vehiculo (Volqueta convencional)} * 1.5$$

$$\text{Amplitud del carril} = 2.8 \text{ m} * 1.5 = 4.2 \text{ m}$$

- Longitud de las pistas

La longitud de las pistas estará en dependencia de las distancias de separación entre las áreas operativas. Con base en el **plano del anexo 13**, algunas longitudes de pista respecto a la criba y frentes de explotación, se indica a continuación:

- |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| - Frente 1 / Criba: 130 m      | - Frente 2 / Criba: 290 m      |
| - Frente 1 / Botadero: 100 m   | - Frente 2 / Botadero: 340 m   |
| - Frente 1 / Campamento: 510 m | - Frente 2 / Campamento: 260 m |
| - Criba / Stock 1: 90 m        | - Criba / Stock 2: 70 m        |

### 6.6.5. Labores de explotación

#### 6.6.5.1. Arranque y carga

Las labores de arranque y carga en cada tajo se efectuarán inicialmente aguas abajo de manera paralela al cauce, para un mayor control de la profundidad de excavación conforme a las dimensiones de los tajos en cada frente de explotación. El material será arrancado

directamente del lecho excavando zanjas longitudinales, y luego cargado en el balde de las volquetas, las cuales deberán situarse a un costado fuera del eje de giro del equipo de arranque.

#### 6.6.5.1.1. Maquinaria para el arranque y carga

Para efectuar las labores de arranque y carga de material se estima suficiente el empleo de un retroexcavador, ya que no se prevé realizar maniobras con ángulos de giro horizontal mayores a 180°, ni excavaciones superiores a 3 metros. El retroexcavador deberá contar con una fuerza de arranque mayor o igual a 40 kN, y una capacidad de cucharón mayor o igual a 1 m<sup>3</sup>, para vencer la resistencia a la excavación de la grava (**ver tabla 25**), y obtener un buen volumen de producción por ciclo.

**Tabla 25.** Clasificación de suelos y rocas a la resistencia específica a la excavación (Mannesman Demag Lauhammer)

Clase	General	Ejemplos	K <sub>A</sub> (N/cm <sup>2</sup> )
0	Material granular	Carbones, minerales blandos, etc.	-
I	Blando, suelo suelto y arenoso	Arenas	4 – 13
II	Suelo relativamente denso	Arenas arcillosas, blandas. Grava media a fina. Arcillas blandas o húmedas.	12 – 25
III	Suelo denso	Arenas arcillosas duras, Arcillas, Lignitos blandos, Grava dura.	20 – 38
IV	Suelo muy denso	Arcilla dura, Pizarra arcillosa, Carbón duro	30 – 50
V	Roca semisólida de baja resistencia. Roca con bastantes grietas	Pizarra arcillosa, Arcilla muy dura, Fosforita blanca, Caliza muy blanda. Carbones	50 – 70
VI	Roca semisólida relativamente dura. Roca con grietas	Caliza blanda: Mármol, Yesos, Arenisca, Fosforita dura, Pizarra, Carbón muy duro, Mineral muy fracturado	70 - 200
VII	Roca semisólida dura. Suelos helados duros. Rocas con algunas grietas	Caliza dura a extremadamente dura, mármol, Yeso, Arenisca dura, Mineral pesado con algunas grietas	180 - 500
VIII	Rocas con pocas grietas	Mineral pesado con pocas grietas	-
IX	Roca prácticamente monolítica	Mineral pesado y masivo	-


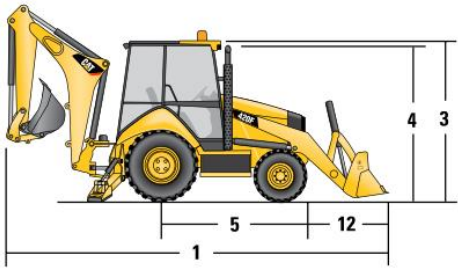
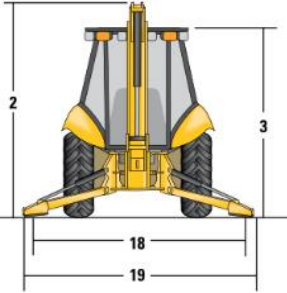
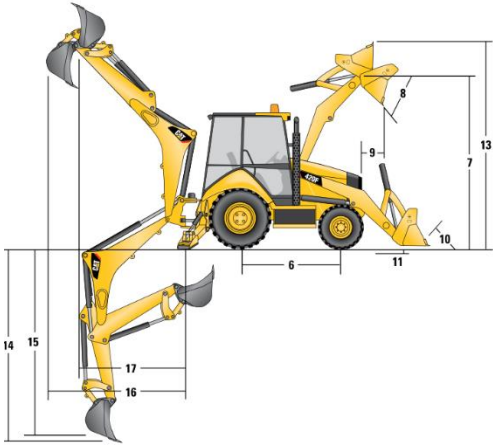
**Fuente:** Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1991.

**Elaboración:** Autor



Por consiguiente, un modelo de retroexcavadora que cumple con dichas especificaciones se indica en la **(tabla 26)**.

**Tabla 26.** Especificaciones técnicas del modelo de retroexcavadora

<b>CATERPILLAR MODELO 420F</b>	
<b>Características</b>	<b>Vista lateral</b>
Potencia neta: 95 hp	
Peso en orden de trabajo: 9194 kg	
Cap. Tanque de combustible: 160 L Diésel	
Capacidad de levantamiento a altura máxima: 3707 kg	
Fuerza de excavación del brazo: 43.5 kN	
Fuerza de excavación de cucharón: 62.7 kN	
Capacidad de cucharón 1 m <sup>3</sup>	
<b>Dimensiones</b>	
<b>Perfil lateral</b>	<b>Perfil trasero</b>
	
1. Longitud total para el transporte: 7250 mm	2. Altura total de transporte, brazo estándar: 3577 mm
3. Altura hasta la parte superior de la cabina: 2.819 mm	4. Altura hasta la parte superior del tubo de escape vertical: 2.744 mm
5. Línea de centro del eje trasero hasta la parrilla delantera: 2.705 mm	6. Distancia entre ejes, AWD: 2.200 mm
7. Altura máxima del pasador de articulación: 3.474 mm	8. Ángulo de descarga a altura máxima: 44°
9. Alcance de descarga a ángulo máximo: 731 mm	
10. Inclinación hacia atrás máxima del cucharón a nivel del suelo 37°	
11. Profundidad de excavación del cucharón: 83 mm	
12. Distancia de la parrilla a la cuchilla del cucharón, en posición de acarreo 1.487 mm	
13. Altura de operación máxima: 4355	
14. Profundidad de excavación, SAE máxima: 4360 mm	
15. Profundidad de excavación, fondo de plano de 4311 mm	
16. Alcance desde el pivote de rotación a la línea a nivel del suelo: 5612 mm	
17. Alcance de carga: 1842 mm	
18. Ancho total de estabilizador 3310 mm	

**Fuente:** IIASACAT -Ecuador

**Elaboración:** Autor

### 6.6.5.1.2. Diseño geométrico de la excavación por tajos

Con base en la maquinaria de arranque y carga, la excavación del área de los tajos se realizará paralelamente con avance en frente único excavando zanjas longitudinales. Las dimensiones de la excavación se indican a continuación:

- Amplitud de zanjas longitudinales

La longitud y amplitud de los tajos será variable dependiendo de la sinuosidad del cauce o forma del depósito; no obstante, la amplitud del frente del único de excavación o zanjas longitudinales, deberá ser igual al ancho del estabilizador de la retroexcavadora elegida Cat 420F (o similar), para obtener un buen rendimiento y margen de seguridad pertinente, reduciendo el radio de giro a  $< 100^\circ$ .

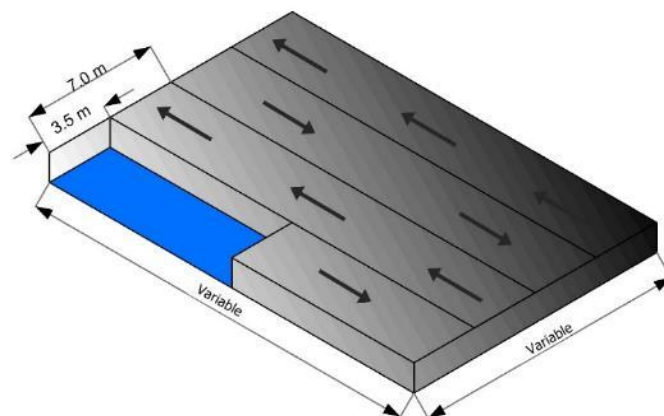
*Amplitud de zanjas = Amplitud total del estabilizador de la retroexcavadora*

*Amplitud de zanjas = 3.31 m = 3.5 m (redondeado)*

- Dirección y secuencia de excavación

La excavación se efectuará inicialmente en dirección aguas abajo para obtener un mejor control sobre la profundidad de excavación. La secuencia de excavación avanzará lateralmente invirtiendo la dirección, **(ver figura 53)**.

**Figura 53.** Detalle geométrico de la excavación



**Fuente:** Autor

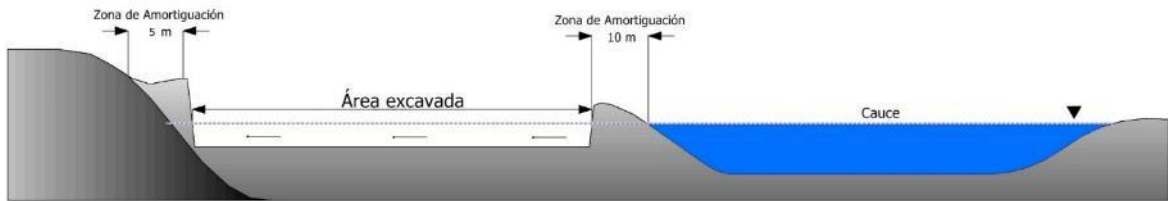
- Profundidad de excavación

La profundidad de excavación no deberá exceder la profundidad máxima de la línea del thalweg para evitar la migración lateral del cauce, **(ver figura 54)**.

*Profundidad de excavación < Prof. máx de línea de thalweg*

Según resultados de las secciones transversales en época de estiaje, la profundidad de la línea del thalweg en los diferentes tramos varía de 0.77 a 1.41 metros, sin contar las pozas.

**Figura 54.** Detalle geométrico de la profundidad de excavación



Fuente: Autor

- Superficie de excavación

Estableciendo la relación geométrica entre el volumen de producción anual de 15,000 m<sup>3</sup>, la profundidad de excavación en 1.5 m., y el coeficiente de abundamiento en 1.12, se calcula que la superficie a perturbar por la excavación sería de 8929 m<sup>2</sup>; que equivale a un 16.35% del polígono total de reservas del depósito (54,600.00 m<sup>2</sup>).

$$\text{Superficie de excavación} = \frac{\text{Volumen de producción anual}}{\text{Cof. Abundamiento} * \text{Profundidad}}$$

$$\text{Superficie de excavación} = \frac{15,000 \text{ m}^3}{1.12 * 1.5\text{m}} = 8928.57 \text{ m}^2$$

- Ubicación de los tajos

Con base en los resultados del mapeo de las estructuras sedimentarias se dividió la superficie de excavación en dos frentes de explotación, uno en el sector de agradación de la barra lateral N°2, y el otro en el lecho mayor del cauce principal, (**ver Anexo 13**).

El primero se caracteriza por una composición granulométrica de arena y grava, y el segundo de grava y bloques; ambos frentes adoptan la misma dirección del cauce, y suman una superficie total de 8931 m<sup>2</sup>

En comparación con los resultados de las secciones transversales, en dichos tramos la profundidad de excavación no superará la línea del thalweg. Además, con la zona de amortiguación de 10 metros se conservará la pendiente natural del terreno, se evitará la migración lateral del cauce y se favorecerá la agradación por pérdida natural de energía de la corriente.


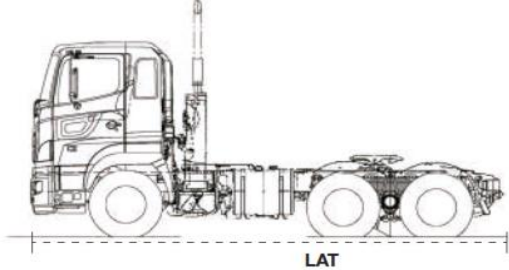

### 6.6.5.2. Transporte y vertido

El transporte y vertido comprende la movilización del material del frente de explotación hasta la criba utilizando para ello vehículos de carga y un sistema de accesos temporales; en las que una vez vertido el material, el equipo retornará al frente de explotación. La velocidad máxima de circulación será de 20 km/h.

#### 6.6.5.2.1. Maquinaria para el transporte y vertido

Para efectuar el transporte y vertido de material se estima conveniente el empleo de una volqueta de dos ejes traseros con capacidad de 12 m<sup>3</sup> para obtener un buen desempeño en el terreno, y rendimiento por ciclo de producción, (**ver tabla 27**).

**Tabla 27.** Especificaciones técnicas del modelo de volqueta

VOLQUETA HINO FS1ELSD - 3341	
Características	Vista lateral
Capacidad de carga: 18.295 kg	
Potencia: 480HP	
Peso vacío: 8.705 kg	
Peso bruto: 27.000 Kg	
Motor tipo: Diésel Turbo Intercooler	
Configuración: 6x4	
Cap. Balde: 12 m <sup>3</sup>	
Dimensiones	
Perfil lateral	Perfil delantero
	
Largo total (LAT): 7.645 mm	Ancho Total (ANT): 2.490 mm
Distancias entre ejes: 3630+1350 mm	Alto Total (ALT): 3.030 mm

**Fuente:** www.grupomavesa.com.ec

**Elaboración:** Autor

### 6.6.5.3. Cribado

El cribado se efectuará por gravimetría con vía húmeda, utilizando un monitor hidráulico a presión para mejorar la segregación y transporte de partículas. Las aguas con sólidos en suspensión procedentes del cribado serán canalizadas y vertidas en una piscina de



sedimentación procurando realizar en lo posible el reciclado de las aguas de lavado de los áridos mediante un circuito cerrado.

#### 6.6.5.3.1. Equipo necesario para efectuar el cribado

El equipo necesario para el cribado comprende una criba estática y una bomba centrífuga eléctrica. El modelo de la criba estática está acorde a las necesidades del proyecto para la obtención de: Piedra grande (>11 cm), Piedra de empedrado (> 7.5 cm - 11 cm), Gravón (>5 cm – 7.5 cm), Grava (> 2 mm - 5 cm), y Arena (< 2 mm). Su uso se justifica por tener cero costes de operación y bajos costes de mantenimiento.

El modelo de la bomba centrífuga eléctrica se eligió acorde a la capacidad de un monitor hidráulico de 69 lit/s de caudal máximo, que se estima suficiente para mejorar la segregación de partículas y transporte de material por presión hidráulica, (**ver tabla 28 y 29**). El uso de la bomba eléctrica se justifica por menores costos de operación a diferencia de las de combustión (motobombas), y por su versatilidad para acoplarse a un circuito remoto de arranque, que permita controlar el gasto de agua por ciclo de lavado, siendo necesario de la instalación del servicio eléctrico de luz trifásica, disponible a 500 metros al norte del depósito.

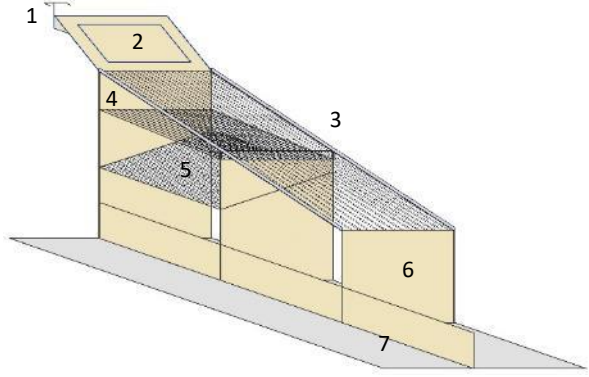
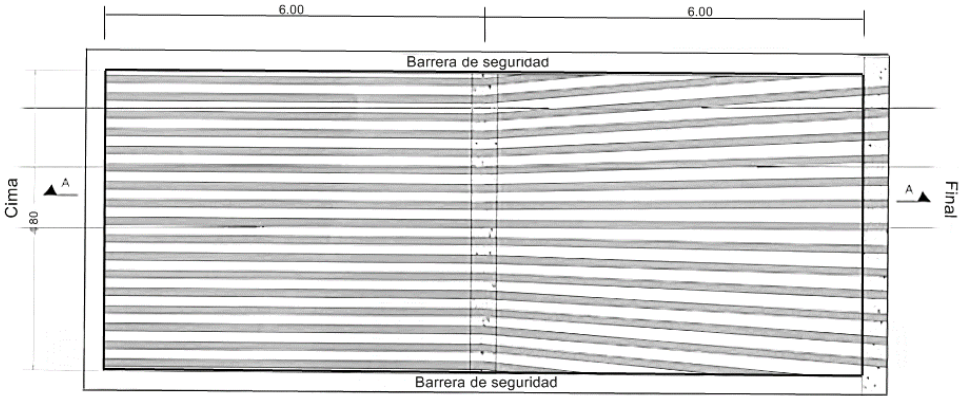
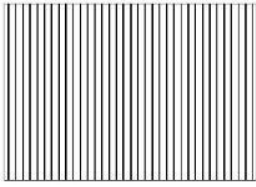
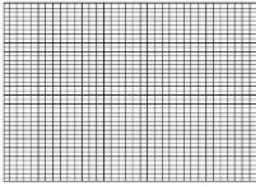
**Tabla 28.** Especificaciones técnicas del monitor hidráulico y bomba centrífuga

Monitor hidraulico	Bomba centrífuga de punta de eje libre	Motor eléctrico trifásico
		
Marca: CERUMAQ	Marca: MOTORAG	Marca: MOTORAG
Peso: 85 kg	Modelo: BEL 50/200 A – 20 hp	Modelo: MT160L1-4
Boquillas: entrada 2" x salida 1.5"	Bocas Asp. x Desc.: 3" x 2"	R.P.M: 1460 / 4 Polos
Boquilla de salida con forma cilíndrica para reducir el régimen turbulento a laminar	Caudal: 76.5 m <sup>3</sup> /h a altura manométrica de 36 m.	Potencia: 20 hp
Dos articulaciones giratorias de 360°, para actuación vertical y horizontal.	Máximo nivel de aspiración: 7 m	KW:15

**Fuente:** Electromecánica MM

**Elaboración:** Autor

**Tabla 29.** Características de la criba estática

<b>Estructura</b>	
1. Monitor hidráulico	
2. Tolva resistente al impacto de caída libre	
3. Criba nivel 1	
4. Criba nivel 2	
5. Criba nivel 3	
6. Muros de soporte (hormigón armado)	
7. Plataforma (hormigón armado)	
<b>Dimensiones - Criba nivel 1</b>	
	
Ancho de criba: 4.8 m	Longitud de criba: 6 + 6: 12
Ancho de barrotes: 5 cm	Inclinación: 30 grados
Separación de barrotes (cima): 7.5 cm	Separación de barrotes (final): 11 cm
Pasante en la cima (+): Gravón + Grava + Arena	Pasante en la cola (+): Piedra de empedrado >7.5 cm – <11 cm
Retenido en la cima (-): Piedra empedrado + Piedra	Retenido en la cola (-): Piedra > 11cm
<b>Dimensiones – Criba nivel 2</b>	
Ancho de criba: 4.8 m	
Longitud de criba: 6 m	
Ancho de barrotes: 3 cm	
Separación de barrotes (cima): 5 cm	
Inclinación: 35 grados	
Pasante (+): Grava y arena	Retenido (-): Gravón > 5 – 7.5 cm
<b>Dimensiones – Criba nivel 3</b>	
Ancho de criba: 6 m	
Longitud de criba: 4.8 m	
Malla electro soldada	
Abertura Luz: 2 mm	
Inclinación: 45 grados	
Pasante (+): Arena < 2 mm	Retenido (-): Grava >2mm – 5 cm

**Fuente:** Anish V George (2015)

**Elaboración:** Autor

#### 6.6.5.3.2. Obras auxiliares para el cribado

- Sitio de captación del agua para el cribado

El sitio de captación se ubicó perpendicular a la dirección del cauce en las coordenadas UTM WGS 84 - (612.876 E, 9'515.7556 N) para controlar la presión manométrica; lugar que se caracteriza por ser un remanso natural con un desnivel 1.25 metros desde la orilla al cauce, (**ver Anexo 13**). La distancia estimada desde la boquilla de aspiración hasta la boquilla de salida es de 100 metros, y la altura manométrica estimada entre ambas boquillas es de 15 metros, por lo cual, se espera un rendimiento de la bomba centrífuga de 160 m<sup>3</sup>/h o 44.44 lit/s, según las especificaciones técnicas de su manual.

En el sitio de captación la manguera de aspiración deberá introducirse con un filtro para evitar taponamientos, y la bomba centrífuga deberá montarse paralela al eje de la tubería de conducción sobre una estructura de fijación al suelo con cubierta de protección.

- Lagunas de sedimentación

El agua procedente del cribado deberá ser canalizada, y almacenada hasta su clarificación en tres lagunas de sedimentación que estarán ubicadas junto a la criba en el lecho mayor del canal de inundación, (**ver Anexo 13**), procurando realizar en lo posible el reciclado de las aguas de lavado de los áridos mediante un circuito cerrado.

Para la formación de las tres lagunas se propone la construcción de tres diques trasversales aprovechando el relieve de encajonamiento del canal de inundación (**ver anterior figura 52**), con lo cual, se evitará la degradación de la pendiente longitudinal o transversal del lecho por la excavación de piscinas de sedimentación. El nivel del espejo de agua de cada dique estará por debajo del nivel superior de la isla fluvial (376 m.s.n.m), y deberán estar instalados temporalmente durante estiaje en el canal de inundación. De acuerdo al mapa topográfico, la superficie entre las tres lagunas de sedimentación formadas por los diques se calcula en 950 m<sup>2</sup>; que, para una profundidad media de 0.5 m, se estima una capacidad de 475 m<sup>3</sup> de almacenamiento.

La distancia entre la criba y los diques de contención será de 25 m, y la distancia entre los diques hasta el punto de vertido al cauce será de 95 m.

#### 6.6.5.4. Acopio

Los productos obtenidos del cribado deberán ser cargados, trasladados, y depositados en los diferentes patios de stock, realizando el acopio por montículos cónicos de altura igual al vertido máximo del equipo. El excedente de piedra Grande (>11 cm) y demás sobre tamaños serán dispuestos en las zonas más inestables de las riveras.

##### 6.6.5.4.1. Equipo necesario para efectuar el acopio

Para efectuar el acopio de material se estima suficiente el empleo de solamente un cargador frontal, ya que la distancia prevista entre la criba y patios de stock es pequeña, lo que hace prescindible del uso de volqueta. El cargador frontal deberá contar con tamaño de cucharón de entre 2.5 a 3.5 m<sup>3</sup> y una capacidad de carga mayor a 10000 kg para compensar el rendimiento de la retroexcavadora y volqueta, **(ver tabla 30)**.

**Tabla 30.** Especificaciones técnicas del modelo de cargadora frontal

CARGADORA FRONTAL SEM 656D	
Características	Vista lateral
Potencia neta: 217 HP	  <p>656D</p>
Máxima fuerza de tracción: 172 KN	
Nro. Cilindros: 6 cilindros	
Torque: 975 Nm	
Cilindrada: 9.7	
Consumo de combustible: 221 g/kw.h	
Máxima fuerza de excavación: 174 KN	
Peso en orden de trabajo: 17500 kg	
Capacidad del cucharón: 3 m <sup>3</sup>	
Tanque de combustible estándar: 252L Diésel	
Sistema hidráulico: 162 L	
Carter motor: 21 L	
Distancia entre ejes: 3300 + 30 mm	
Medida de llantas: 23.5 – 25 16L L3	
Tiempo de elevación: 5.1 seg.	
Tiempo de bajada: 3.4 seg.	
Tiempo de descarga: 0.9 seg.	

**Fuente:** IASACAT -Ecuador

**Elaboración:** Autor

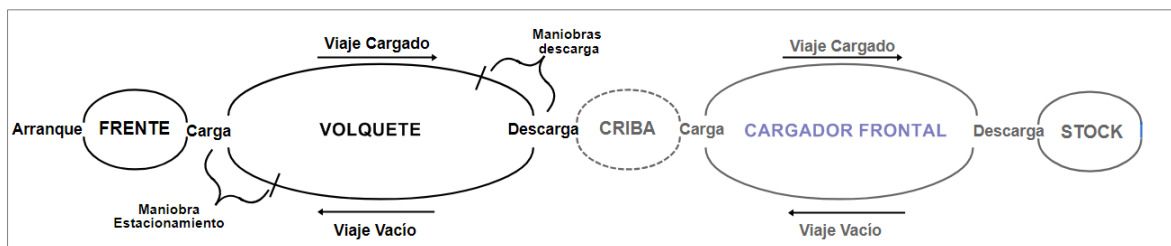


## 6.7. Operación Minera

### 6.7.1. Tiempo y ciclos de producción

Como ciclo de producción se entiende al tiempo que se invertirá en efectuar el arranque de material desde el frente de explotación, hasta su acopio en los patios de stock. Generalmente este tiempo varía principalmente según el tipo de sistema de transporte que se utilice con el fin de mover grandes cantidades de material al más bajo costo, pudiendo ser estos: de manera continua por medio de bandas transportadoras, discontinua por medio de volquetes, y mixta en combinación de ambos. Por consiguiente, dadas las características del método de explotación que se basa en un sistema de transporte discontinuo, el ciclo de producción quedará definido por los tiempos variables que invertirán: la volqueta para el acarreo desde el frente hasta la criba, y la cargadora frontal para el acopio desde la criba hasta stock, sumando las variaciones de velocidad y de distancia, **ver figura 55**.

Figura 55. Esquema del ciclo de producción



Fuente: Modificado de Cruzart A. 2008

Por ende, el tiempo de ciclo de producción de la volqueta estará condicionado por: recibir la carga de material, en realizar el viaje de ida con carga, verterlo en la criba, y realizar el viaje de regreso al frente de explotación. El tiempo de ciclo de producción de la cargadora frontal estará condicionado por: la recolección de los productos de la criba, movilizarse con carga, realizar la maniobra de descarga, y realizar el viaje de regreso a la criba.

La demás maquinas, como: la retroexcavadora, y monitor hidráulico, presentarán tiempos fijos de ciclo de producción, ya que sus maniobras se realizan localmente a un tiempo relativamente constante, y que se pueden estimar en base a otros trabajos de campo. En donde, el ciclo de producción de la retroexcavadora estará condicionado por: arrancar el material, realizar el giro con carga, cargar el material en las volquetas, y realizar el giro sin carga. En cambio, el tiempo de ciclo de la bomba hidráulica estará condicionado por la maniobra de esparcimiento de material en toda la criba después de cada descarga.

### 6.7.1.1. Tiempo y ciclos de la retroexcavadora

Para estimar el tiempo fijo de ciclo de la retroexcavadora se consideró los valores teóricos establecidos por Chiriboga, Pillasagua, & Santos, 2010.; quienes proponen diferentes tiempos según el tipo del terreno con ángulo de rotación a 90°, **ver tabla 31.**

**Tabla 31.** Valores teóricos de tiempo de ciclo para la retroexcavadora

Tipo de Terreno	Tiempo de ciclo (segundos)
Flojo	15 – 20
Medio	20 – 25
Duro	25 – 30

**Fuente:** Chiriboga, Pillasagua, & Santos, 2010

**Elaboración:** Autor

Así, el tiempo de ciclo estimado fue de 20 segundos para un tipo de terreno flojo, que, en relación a una hora, se obtiene 180 ciclos/hora.

$$\text{Numero de ciclos} = \frac{\text{Segundos en una hora}}{\text{Tiempo de ciclo en segundos}} = \frac{3600 \text{ s}}{20 \text{ s}} = 180$$

### 6.7.1.2. Tiempo y ciclos de la volqueta

Para el tiempo variable de ciclo de la volqueta se consideró la distancia media de los frentes de explotación hasta la criba de 210 m, a una velocidad media de “ida con carga” de 15 km/h, y a una velocidad media de “regreso sin carga” de 20 km/h. La sumatoria de tiempos y número de ciclos se detalla en la **tabla 32:**

**Tabla 32.** Tiempo y número de ciclos de la volqueta

Maniobra	Tiempo (s)
<b>Carga:</b> Tiempo de ciclo de la retroexcavadora para llenar la tolva de 12 m <sup>3</sup> de la volqueta con su cucharón de 1 m <sup>3</sup>	20 s x (12 m <sup>3</sup> / 1 m <sup>3</sup> ) = 240 s
<b>Viaje de ida:</b> Tiempo invertido en dirigirse 210 m hasta la criba a una velocidad de 15 km/h	210 m / (15000 m / 36000 s) = 50.4 s
<b>Descarga:</b> Tiempo en realizar la maniobra de giro y descarga.	30 s
<b>Viaje de regreso:</b> Tiempo invertido en dirigirse 210 m de regreso al frente de excavación a una velocidad de 20 km/h	210 m / (20000 m / 36000 s) = 37.8 s
<b>Tiempo total por ciclo</b>	358.2 s
<b>Numero de ciclos en una hora</b>	(36000/358.2 s) = 10.05

**Elaboración:** Autor

### 6.7.1.3. Tiempo y ciclos de la cargadora frontal

Para el tiempo de ciclo de la cargadora frontal se consideró la distancia media entre la criba y patios de stock en 80 m, a una velocidad media de “ida con carga” de 10 km/h, y a una velocidad media de “regreso sin carga” de 15 km/h, la sumatoria de tiempos y número de ciclos se detalla en la **tabla 33**.

**Tabla 33.** Tiempo y número de ciclos de la cargadora frontal

Maniobra	Tiempo (s)
<b>Carga:</b> Tiempo para llenar el cucharón de 3 m <sup>3</sup>	10 s
<b>Viaje de ida:</b> Tiempo invertido en dirigirse 80 m hasta la criba a una velocidad media de 10 km/h	$80 \text{ m} / (10000 \text{ m} / 3600 \text{ s}) = 28.8 \text{ s}$
<b>Descarga:</b> Tiempo en realizar la maniobra de giro y descarga.	15 s
<b>Viaje de regreso:</b> Tiempo invertido en dirigirse 80m de regreso al frente de excavación a una velocidad media de 15 km/h	$80 \text{ m} / (15000 \text{ m} / 3600 \text{ s}) = 19.2 \text{ s}$
<b>Tiempo total por ciclo</b>	73 s
<b>Numero de ciclos en una hora</b>	$(36000/73 \text{ s}) = 49.3$

Elaboración: Autor

### 6.7.1.4. Tiempo y ciclos de la bomba centrífuga

El tiempo por ciclo de la electrobomba se estimó en 30 segundos para efectuar el esparcimiento de material en la criba con un radio de trabajo de 90°. En el que, el número total de ciclos estará condicionado por el número de ciclos de la volqueta en realizar la descarga de material en la criba. Durante el tiempo de espera el equipo no bombeará agua.

$$\text{Tiempo de ciclo} = 30 \text{ s}$$

$$\text{Número de ciclos hora de electrobomba} = \text{Número de ciclos hora de volqueta}$$

$$\text{Número de ciclos hora de electrobomba} = 10.05$$

#### 6.7.1.4.1. Consumo horario de agua

Relacionando el tiempo y número por ciclo de la electrobomba respecto a su caudal estimado, se obtiene un consumo horario de 13998.6 lit/h.

$$\text{Consumo horario de agua} = \text{Tiempo de ciclos} \times \text{Número de ciclos} \times \text{caudal de bomba}$$

$$\text{Consumo horario de agua} = 30 \text{ s} \times 10.05 \times 44.44 \text{ lit/s} = 13998.6 \text{ lit}$$

## 6.7.2. Rendimiento teórico de la maquinaria

Entendiendo al rendimiento una maquina como al volumen producción por hora de trabajo, este suele calcularse por: observación directa, fórmulas, o tablas proporcionadas por el fabricante.

Dado a que no se posee datos en campo, el cálculo del rendimiento de la maquinaria se realizó por medio de fórmulas, descritas en la literatura, como, por ejemplo: Chiriboga, Pillasagua, & Santos, (2010), quienes consideran diferentes factores variables que afectan la producción, tales como: clase de terreno, eficacia de la máquina, y eficacia de llenado del cucharón. El rendimiento de la maquinaria se talla a continuación:

### 6.7.2.1. Rendimiento de la retroexcavadora

El rendimiento teórico de la retroexcavadora CAT 420 F, se calculó mediante la fórmula y factores detallados en la **tabla 34**.

**Tabla 34.** Formula y coeficientes de rendimiento de la retroexcavadora

$R = \frac{Vc * 3600 * Fe * Fe' * Ct}{Tc} = \frac{m^3}{h}$		
<b>R</b>	Rendimiento teórico de la retroexcavadora	
<b>3600</b>	Segundos en una hora	
<b>Vc</b>	Capacidad de la cuchara de la retroexcavadora en metros cúbicos - ( <b>1 m<sup>3</sup></b> )	
<b>Fe</b>	Factor de eficacia de la máquina, que varía entre 70% y 80% - ( <b>75%</b> )	
<b>Fe'</b>	El factor de eficacia de la cuchara, que depende del tipo de terreno	
<b>Tipo de Terreno</b>		<b>Coficiente</b>
Flojo		0.90 – 1.0
Medio		<b>0.80 – 0.90</b>
Duro		0.50 – 0.80
<b>Ct</b>	Es el coeficiente de transformación según el material que va a ser transportado por la máquina, sea este esponjado o compactado	
<b>Clase de Terreno</b>		<b>Material Esponjado</b>
Tierra		1.25
Arcilla		1.40
Arena / grava		<b>1.10</b>
		<b>Material Compactado</b>
		0.90
		0.90
		<b>0.95</b>
<b>Tc</b>	Es el tiempo de duración del ciclo en segundos: 20 s	

**Fuente:** Chiriboga, Pillasagua, & Santos, 2010

**Elaboración:** Autor

Integrando los valores a la fórmula se obtiene un rendimiento teórico de 102.6 m<sup>3</sup>/h.

$$\text{Rendimiento teórico de la retroexcavadora} = \frac{1 * 3600 * 0.75 * 0.80 * 0.95}{20} = 102.6 \frac{m^3}{h}$$

Y ajustando este valor al factor de eficiencia de la operación “Eg” de 0.833 horas o 50 minutos; ya que no se trabaja los 60 minutos por hora, se obtiene un rendimiento real de 85.46 m<sup>3</sup>/hora.

*Rendimiento real Rendimiento teorico \* Factor de eficiencia de operación general*

$$\text{Rendimiento real de la retroexcavadora} = 102.6 \frac{m^3}{h} * 0.833 = 85.46 \frac{m^3}{h}$$

### 6.7.2.2. Rendimiento de la cargadora frontal

El rendimiento teórico de la cargadora frontal SEM 938, se calculó mediante la fórmula y factores detallados en la **tabla 35**.

**Tabla 35.** Fórmula y coeficientes de rendimiento de la cargadora frontal

$R = \frac{Vc * 3600 * Fe * Fe' * Ct}{Tc} = \frac{m^3}{h}$		
<b>R</b>	Rendimiento teórico de la cargadora frontal	
<b>3600</b>	Segundos en una hora	
<b>Vc</b>	<u>Capacidad de la cuchara</u> del cargador frontal en metros cúbicos ( <b>3 m3</b> )	
<b>Fe</b>	<u>Factor de eficacia de la máquina</u> , que varía entre 70% y 80% - ( <b>75%</b> )	
<b>Fe'</b>	El <u>Factor de eficacia de la cuchara</u> , que depende del tipo de terreno	
<b>Tipo de Terreno</b>		<b>Coefficiente</b>
Flojo		<b>0.90 – 1.0</b>
Medio		0.80 – 0.90
Duro		0.50 – 0.80
<b>Ct</b>	Es el <u>coeficiente de transformación</u> , según el material que va a ser transportado por la máquina, sea este esponjado o compactado:	
<b>Clase de Terreno</b>		<b>Material Esponjado</b>
Tierra		1.25
Arcilla		1.40
Arena / grava		<b>1.10</b>
		<b>Material Compactado</b>
		0.90
		0.90
		0.95
<b>Tc</b>	Es el tiempo de duración del ciclo en segundos: 73 s	

**Fuente:** Chiriboga, Pillasagua, & Santos, 2010

**Elaboración:** Autor

Integrando los coeficientes a la fórmula se obtiene un rendimiento teórico de 91.5 m<sup>3</sup>/h

$$\text{Rendimiento teórico de la Cargadora Frontal} = \frac{3 * 3600 * 0.75 * 0.9 * 1.1}{73 \text{ s}} = 109.8 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Ajustando este valor al factor de eficiencia de la operación “Eg” en 0.833 horas o 50 minutos; ya que no se trabaja los 60 minutos por hora, se obtiene un rendimiento real de 91.5 m<sup>3</sup>/hora

*Rendimiento real Rendimiento teorico \* Factor de eficiencia de operación general*

$$\text{Rendimiento real de la cargadora frontal} = 109.8 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 0.833 = 91.5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

### 6.7.2.3. Rendimiento de la volqueta

El rendimiento teórico de la volqueta modelo Hino 700, se calculó mediante la fórmula y factores detallados en la **tabla 36**.

**Tabla 36.** Cálculo teórico del rendimiento de volqueta

$R = \frac{Vc * 3600 * Fe}{Tc} = \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$	
<b>R</b>	Rendimiento teórico de la volqueta
<b>60</b>	Minutos en una hora
<b>Vc</b>	Capacidad de la caja en metros cúbicos ( <b>12 m<sup>3</sup></b> )
<b>Fe</b>	Capacidad de eficiencia de la máquina, que está en función de la experiencia del conductor y estado de la misma, tipo de tierras a transportar y estado del terreno; el Fe varía entre el 70 y 80%. ( <b>75 %</b> )
<b>Tc</b>	Es el tiempo de duración del ciclo en segundos: 358.2s

**Fuente:** Chiriboga, Pillasagua, & Santos, 2010

**Elaboración:** Autor

Integrando los coeficientes a la fórmula se obtiene un rendimiento teórico de 90.45 m<sup>3</sup>/h

$$\text{Rendimiento de volqueta Hino F32} = \frac{12 \text{ m}^3 * 60 \text{ min/h} * 0.75}{\frac{358.26 \text{ s}}{60 \text{ s/min}}} = 90.45 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Ajustando este valor al factor de eficiencia de la operación “Eg” de 0.833 horas o 50 minutos; ya que no se trabaja los 60 minutos por hora, se obtiene un rendimiento real de 75.34 m<sup>3</sup>/hora

*Rendimiento real Rendimiento teorico \* Factor de eficiencia de operación general*

$$\text{Rendimiento real de la volqueta} = 90.45 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 0.833 = 75.34 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

### 6.7.3. Horas de trabajo de la maquinaria y número de equipos

El cálculo de los días de trabajo y número de máquinas necesarias para desarrollar el proyecto se determinó en relación de: el rendimiento de maquinaria, volumen de explotación anual (15000 m<sup>3</sup>), y tiempo máximo de operación (7 meses). Los resultados se describen a continuación:

#### 6.7.3.1. Cálculo para la retroexcavadora

El número de horas o días de trabajo de la retroexcavadora para arrancar los 15000 m<sup>3</sup> de material, es de 175.5 horas o 21.9 días.

$$\text{Horas de trabajo} = \frac{\text{Volumen de extracción anual}}{\text{Rendimiento real de excavadora}}$$

$$\text{Horas de trabajo} = \frac{15,000 \text{ m}^3}{85.46 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 175.5 \text{ h}$$

$$\text{Días de trabajo} = \frac{175.5 \text{ h}}{8 \frac{\text{h}}{\text{dia}}} = 21.9 \text{ días}$$

El número de retroexcavadoras recomendadas para el proyecto, es de 0.15, es decir una.

$$\text{Número de unidades} = \frac{\text{Días de trabajo de la retroexcavadora}}{\text{Tiempo maximo de operación (días)}}$$

$$\text{Número de unidades} = \frac{21.9 \text{ días}}{7 \text{ meses} * 21 \text{ días/mes}} = \frac{21.94 \text{ días}}{147 \text{ días}} = 0.15$$

Por lo tanto, se demanda de tan solo una retroexcavadora para excavar y cargar los 15,000 m<sup>3</sup> de material, dentro un tiempo de 175.5 horas de trabajo.

#### 6.7.3.2. Cálculo para la cargadora frontal

El número de horas o días de trabajo de la cargadora frontal para acopiar los 15000 m<sup>3</sup> de material, es de 163.93 horas o 20.49 días.

$$\text{Horas de trabajo} = \frac{\text{Volumen de extracción anual}}{\text{Rendimiento de cargadora frontal}}$$

$$\text{Horas de trabajo} = \frac{15,000 \text{ m}^3}{91.5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 163.93 \text{ h}$$

$$\text{Días de trabajo} = \frac{196.8 \text{ h}}{8 \frac{\text{h}}{\text{día}}} = 20.49 \text{ días}$$

El número de retroexcavadoras recomendadas para el proyecto, es de 0.15, es decir una.

$$\begin{aligned} \text{Número de unidades} &= \frac{\text{Días de trabajo de la cargadora frontal}}{\text{Tiempo máximo de operación (días)}} \\ \text{Número de unidades} &= \frac{20.49 \text{ días}}{7 \text{ meses} * 21 \text{ días/mes}} = \frac{20.49 \text{ días}}{147 \text{ días}} = 0.139 \end{aligned}$$

Por lo tanto, se demanda de tan solo una cargadora frontal para acopiar los 15,000 m<sup>3</sup> de material, dentro de un tiempo de 163.93 horas de trabajo.

### **6.7.3.3. Cálculo para la volqueta**

El número de horas o días de trabajo de la volqueta para acarrear los 15000 m<sup>3</sup> de material, es de 207.29 horas o 25.9 días.

$$\text{Horas de trabajo} = \frac{\text{Volumen de extracción anual}}{\text{Rendimiento de volqueta}}$$

$$\text{Horas de trabajo} = \frac{15,000 \text{ m}^3}{72.36 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 207.29 \text{ h}$$

$$\text{Días de trabajo} = \frac{207.29 \text{ h}}{8 \frac{\text{h}}{\text{día}}} = 25.9 \text{ días}$$

El número de volquetas recomendadas para el proyecto, es de 0.18, es decir una.

$$\text{Número de unidades} = \frac{\text{Días de trabajo}}{\text{Días de jornada anual}}$$

$$\text{Número de unidades} = \frac{25.9 \text{ días}}{7 \text{ meses} * 21 \text{ días/mes}} = \frac{25.9 \text{ días}}{147 \text{ días}} = 0.18$$

Por lo tanto, se demanda de tan solo una volqueta para acarrear los 15,000 m<sup>3</sup> de material, dentro de un tiempo de 207.29 h.

### **6.7.3.4. Capacidad de lagunas de sedimentación**

Estimado el dispendio de agua por hora de la electrobomba en 13998.6 lit/h (*ver consumo horario de agua de la electrobomba*), se calcula que, para una jornada diaria de 8 horas, el dispendio total sería de 111988.8 lit/h o 111.98 m<sup>3</sup>/h.

$$\text{Dispendio diario de agua (lit)} = 13998.6 \text{ lit} \times 8 \text{ horas de trabajo al día} = 111988.8 \text{ lit/día}$$



$$\text{Dispendio diario de agua (m3)} = 111988.8 \frac{\text{lit}}{\text{día}} \times \left( 0.0001 \frac{\text{m}^3}{\text{lit}} \right) = 111.98 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Por lo tanto, la capacidad de las lagunas de sedimentación de 450 m<sup>3</sup> soportaría el almacenamiento de agua para 4.02 días de trabajo hasta que el agua clarifique y sea vertida de nuevo al cauce. En donde, el caudal de salida de las lagunas será menor al de entrada por las pérdidas de infiltración en el proceso.

#### 6.7.4. Cronograma de labores de explotación

Determinado el número promedio de días de trabajo de la maquinaria para explotar el volumen de producción anual (15000 m<sup>3</sup>/25 días), se propone realizar las labores de explotación durante dos quincenas (**ver tabla 37**); una en el mes de julio y otra en el mes de diciembre para conseguir los siguientes objetivos:

- Concentrar los posibles impactos ambientales (ruido, polvo, etc.) de forma puntual y temporal.
- Contratar personal y arrendar la maquinaria por jornadas.

**Tabla 37.** Cronograma de labores de explotación

Cronograma	Meses (Enero –Diciembre)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Preparación de frente de explotación							X					X
Arranque y carga							X					X
Acarreo							X					X
Cribado							X					X
Stock y carga de material	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

**Elaboración:** Autor

No obstante, el abastecimiento a clientes y el stock de material se realizará durante todo el año con el servicio permanente de la cargadora frontal. Cabe mencionar que el retorno de las aguas altas obliga a desalojar el lecho mayor y almacenar reservas en la terraza superior del río en un predio anexo que deberá adquirirse.

## 6.8. Manejo ambiental

Establecido el diseño de explotación del depósito aluvial, se elaboró un plan de manejo ambiental con base en una evaluación ex ante de impactos ambientales que pueden ocurrir en los medios: físico, biótico, y social, del proyecto. Dicha evaluación tiene un carácter prospectivo y está basada en supuestos, dado a que la explotación esta por desarrollarse. En los siguientes sub apartados se describe la identificación y evaluación de impactos, y el plan de manejo ambiental del proyecto.

### 6.8.1. Identificación, valoración y evaluación ex-ante de impactos ambientales

Para la identificación de los impactos ambientales a generarse por la explotación de agregados pétreos del depósito aluvial, se empleó como herramienta una matriz de tipo “Causa-efecto” adaptada a la original de Leopold (1971); que presenta en las columnas las actividades del proyecto y, en las filas, los componentes y subcomponentes ambientales, para analizar su interacción y detectar sus posibles impactos.

Los factores ambientales que podrían ser afectados de forma positiva o negativa dentro del área directa del proyecto se indican en la **tabla 38**.

**Tabla 38.** Componentes, subcomponentes y factores ambientales del proyecto

Medio	Subcomponente Ambiental	Factor Ambiental
Medio Abiótico	Agua	Calidad de agua superficial
	Suelo	Calidad del suelo
		Erosión del suelo
		Cambio de uso actual del suelo
	Aire	Material Particulado
		Gases y olores
		Ruido y vibraciones
Paisaje	Alteración visual del entorno	
Medio Biótico	Flora	Cobertura vegetal
	Fauna	Diversidad
Medio Socio Económico	Población	Salud y Seguridad ocupacional
		Empleo
	Infraestructura	Red vial

Fuente: Autor

Así mismo, las actividades del proyecto que por su naturaleza pueden causar daño o beneficio a los diferentes factores ambientales se listan en la **tabla 39**.

**Tabla 39.** Actividades generales del proyecto

Fases	Acción
<b>Construcción</b>	Mejoramiento de vías de acceso
	Instalación de infraestructura
<b>Operación</b>	Apertura de vías internas
	Entrada y salida de maquinaria
	Destape del depósito
	Desbroce
	Excavación por tajos
	Acarreo
	Cribado
	Stock del material
	Manejo de desechos sólidos comunes
	Manejo de desechos peligrosos
	Manejo de combustibles
Protección de zonas de amortiguación	
<b>Abandono</b>	Desinstalación de Infraestructura
	Desalojo de escombros
	Reforestación

Fuente: Autor

Para la identificación de impactos en la matriz, se situó en las filas las actividades y en las columnas los factores ambientales. Posteriormente en cada casillero de cruce, se trazó una diagonal que divide en dos cada casillero de cruce, indicando la posibilidad de incidencia positiva o negativa de una determinada actividad del proyecto sobre un determinado factor ambiental, (**ver tabla 40**). Una vez completado el marcado en la matriz, en la esquina superior izquierda de cada casillero se colocó un número del 1 al 10 que indica la magnitud del posible impacto (10 representa la mayor magnitud, y 1 la menor). Y en la esquina inferior izquierda de cada casilla de cruce, se colocó un número de 1 al 10 que indica la importancia del posible impacto, (**ver tabla 41**).

La escala de afectación tanto de la magnitud como la de la importancia se ponderó de la siguiente manera: 1 a 3 =Baja, 4 a 6 = Media, y 7 a 10 = Alta.

Por último, se procedió a la suma de los valores positivos y negativos, por filas y columnas.

Tabla 40. Matriz de identificación de impactos

Factores Ambientales		Medio Abiótico								Medio Biótico	Medio Socio-económico		Número de Impactos		
		Agua	Suelo		Aire			Paisaje	Flora	Fauna	Población	Infraestructura			
Actividades del proyecto		Calidad de agua	Calidad del suelo	Erosión del suelo	Camb. Uso del suelo	Material Particulado	Gases y olores	Ruido y vibraciones	Alteración visual	Cobertura vegetal	Migración y Dvdd.	Salud y Segd. Ocup.	Empleo	Red vial	
Construcción	Mejoramiento de vías de acceso		X			X		X				X	X	X	6
	Instalación de infraestructura		X		X	X		X	X	X	X	X	X		9
Operación	Apertura de vías internas		X		X	X		X	X	X	X	X	X		9
	Entrada y salida de maquinaria		X			X	X	X			X	X	X	X	8
	Destape		X	X	X	X		X	X		X	X	X		9
	Desbroce de vegetación riparia			X				X	X	X	X	X	X		7
	Excavación por tajos	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X		10
	Acarreo		X			X	X	X	X			X	X		7
	Cribado	X						X	X			X	X		5
	Stock del material					X		X	X			X	X		5
	Manejo de desechos sólidos comunes	X	X				X					X			4
	Manejo de desechos peligrosos	X	X				X					X			4
	Manejo de combustibles	X	X				X					X			4
Protección de zonas de amortiguación	X	X	X	X				X	X	X				7	
Abandono	Desinstalación de infraestructura				X			X	X				X		4
	Desalojo de escombros		X		X	X		X	X			X	X		7
	Reforestación		X	X	X			X	X	X		X		7	
<b>Número de Impactos</b>		6	13	6	7	9	5	12	12	5	8	14	13	2	<b>111</b>

Elaboración: Autor

Tabla 41. Matriz de valoración de impactos

Factores Ambientales		Medio Abiótico							Medio Biótico		Medio Socio-económico			
		Agua	Suelo			Aire		Paisaje	Flora	Fauna	Población		Infra.	
Actividades del proyecto		Calidad de agua	Calidad del suelo	Erosión del suelo	Camb. Uso del suelo	Materia Particulado	Gases y olores	Ruido y vibraciones	Alteración visual	Cobertura vegetal	Migración y Dvdd.	Salud y Segd. Ocup.	Empleo	Red vial
Construcción	Mejoramiento de vías de acceso		-2/6			-4/6		-6/6				-3/2	+7/7	+7/6
	Instalación de infraestructura		-3/3		-4/8	-2/4		-3/4	-6/5	-6/7	-6/7	-3/3	+7/7	
Operación	Apertura de vías internas		-3/7		-7/6	-4/6		-6/6	-6/7	-7/7	-6/7	-3/5	+6/6	
	Entrada y salida de maquinaria		-5/6			-5/7	-3/7	-7/8			-5/6	-4/6	+4/6	-5/6
	Destape		-5/4	-6/4	-6/5	-4/5		-5/6	-7/7		-5/5	-2/4	+5/6	
	Desbroce			-7/4				-6/6	-8/8	-8/8	-7/7	-4/5	+7/7	
	Excavación por tajos	-5/4	-6/4	-8/8	-8/8	-2/3		-7/6	-5/6		-4/5	-3/4	+4/7	
	Acarreo		-6/7			-6/7	-3/7	-7/6	-5/5			-4/5	+5/7	
	Cribado	-6/5						-7/6	-5/5			-4/2	+3/7	
	Stock del material					-5/6		-4/5	-7/8			-4/4	+3/7	
	Manejo de desechos comunes	-2/6	-5/5				-4/3					-1/2		
	Manejo de estériles	-2/7	-7/6				-5/3					-3/2		
	Manejo de combustibles	-5/7	-8/5				-4/3					-2/2		
	Protección de zonas de amortiguación	+9/7	+9/7	+9/7	+6/5				+8/6	+9/5	+9/6			
	Abandono	Desinstalación de infraestructura				+3/9			-2/5	+6/9				+5/5
Desalojo de escombros			+4/7		+5/7	-4/6		-3/4	+7/6			-2/2	+5/5	
Reforestación			+6/8	+6/8	+5/8				+8/8	+8/8	+8/8		+4/7	

Evaluaciones	No. Afec. Positivas	1	3	3	4	0	0	0	4	2	2	0	13	1
	No. Afec. Negativas	5	10	3	3	9	5	12	8	3	6	14	0	1
	Agreg. Impactos	-48	-108	-5	-36	-213	-81	-374	-113	-46	-90	-154	+420	+12

Evaluaciones		Comprobación		
No. Afec. Positivas	No. Afec. Negativas	Agregación por fase		
2	4	-104		
1	8			
1	8			
1	7			
1	8			
1	6			
1	9			
1	6			
1	4			
1	4			
0	4			
0	4			
0	4			
7	0			
3	1			
4	3			
7	0			

Agregación de impactos por componente		-48	-149	-668	-113	-46	-90	+266	+12
---------------------------------------	--	-----	------	------	------	-----	-----	------	-----

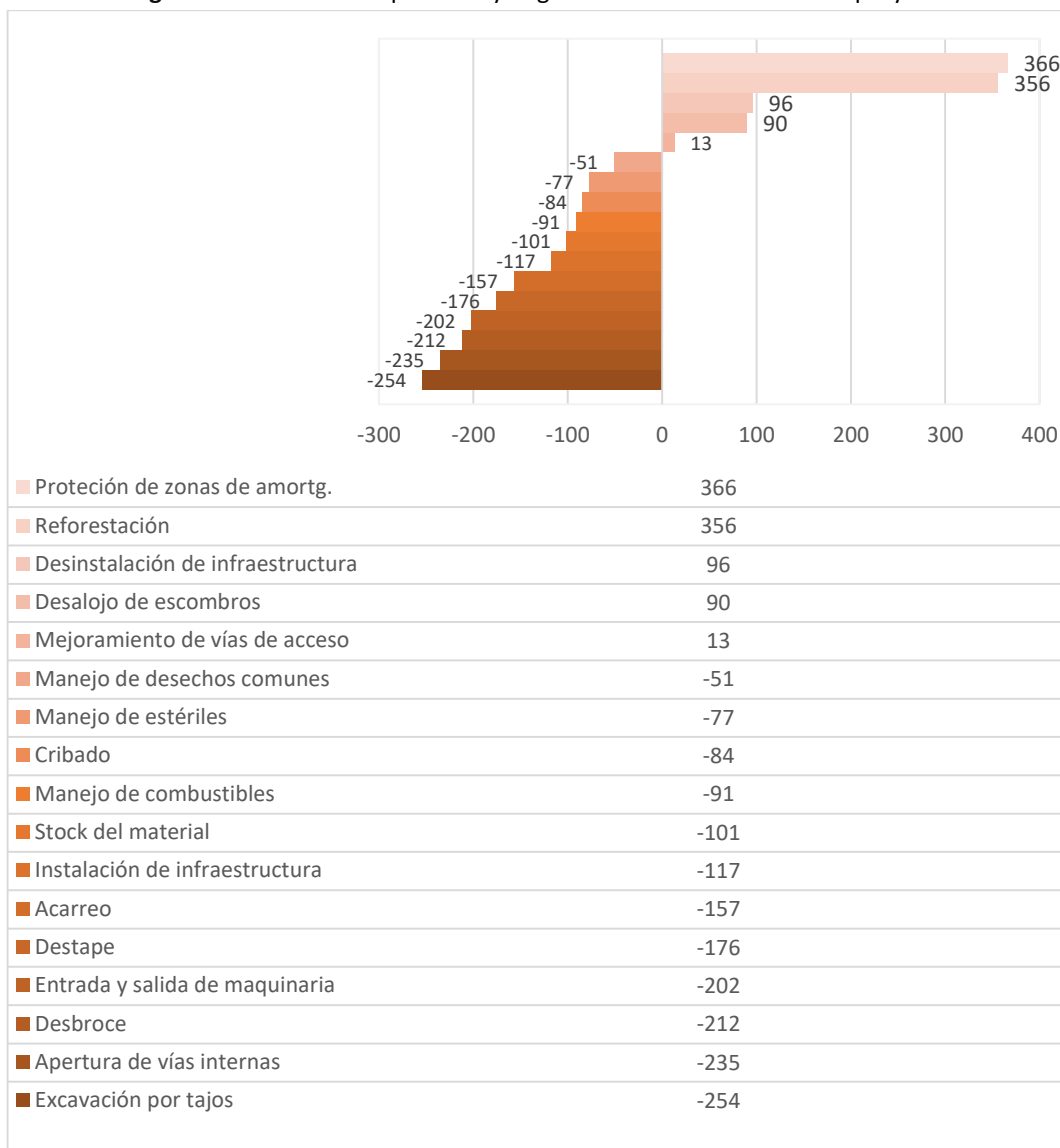
Elaboración: Autor

### 6.8.1.1. Análisis de la matriz de valoración

La suma de la valoración de los 111 impactos identificados da como resultado una afectación negativa respecto a la ejecución de las actividades de explotación del depósito aluvial de -836.

A continuación, se ordena las actividades del proyecto de acuerdo a su afectación positiva y negativa, (**ver figura 56**).

**Figura 56.** Afectaciones positivas y negativas de las actividades del proyecto



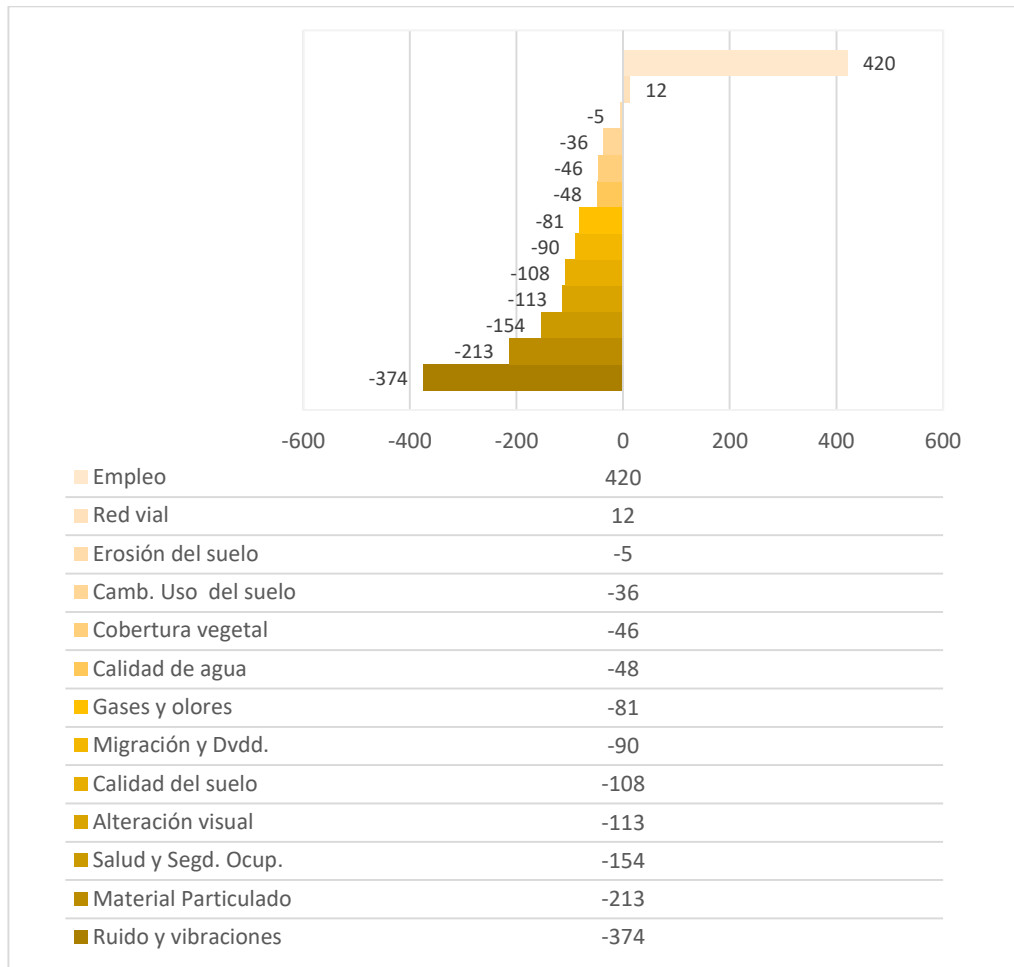
**Elaboración:** Autor

Según la valoración de impactos se concluye que, de las 17 actividades del proyecto; 12 generarán afectación negativa, y 5 positivas. Las actividades de afectación negativa de mayor valoración son: excavación por tajos con -254, apertura de vías internas con -235, y

desbroce de la vegetación con -212. En cambio, las actividades de mayor afectación positiva son: protección de zonas de amortiguación con +366 y la reforestación con +356. Por agregación, la fase de operación es la de mayor impacto negativo con -1274.

Por otro lado, de los 13 factores ambientales considerados en el proyecto; 11 generan afectación negativa, y tan solo 2 tendrán afectaciones positivas, (*ver figura 57*).

**Figura 57.** Afectaciones positivas y negativas de los factores ambientales del proyecto



**Elaboración:** Autor

Los principales factores ambientales con mayor afectación negativa son: ruido y vibraciones, material particulado, y afectación a la salud y seguridad ocupacional. En cambio, los únicos dos factores ambientales que generan afectaciones positivas son: empleo y mejoramiento de la red vial. Por agregación de impactos, el “aire” es el componente ambiental más afectado con una agregación negativa de -668, y el componente ambiental más beneficiado es la “población” con una agregación positiva de +266.

### 6.8.1.2. Dictamen ambiental

El dictamen ambiental se estableció con base en la escala de valoración de impactos ambientales propuesta por la Dirección del Medio Ambiente de España, (**ver tabla 42**), que clasifica los impactos ambientales en los siguientes rangos: compatibles (0-25%), moderados (25-50%), severos (50-75%) y críticos (75-100%).

**Tabla 42.** Valoración estimada de los impactos ambientales

Impacto	Rango	Descripción
Compatible	0-25%	Es aquel cuya recuperación es inmediata, ya que no precisa de medidas preventivas, correctivas ni de mitigación
Moderado	25-50%	Es aquel cuya recuperación no precisa de medidas o de mitigación extensa, cuya restitución ambiental requiere de un corto tiempo.
Severo	50-75%	Es aquel en el que la restitución ambiental conlleva la implementación de medidas de protección correctiva y de mitigación cuya recuperación precisa de un período dilatado
Crítico	75-100%	Es aquel en el que se producen cambios bruscos permanentes e irreversibles a los ecosistemas, sin que sea posible su restitución ambiental, incluso con la adaptación de medidas de protección, correctivas y de mitigación

**Fuente:** Dirección del Medio Ambiente de España (Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre).

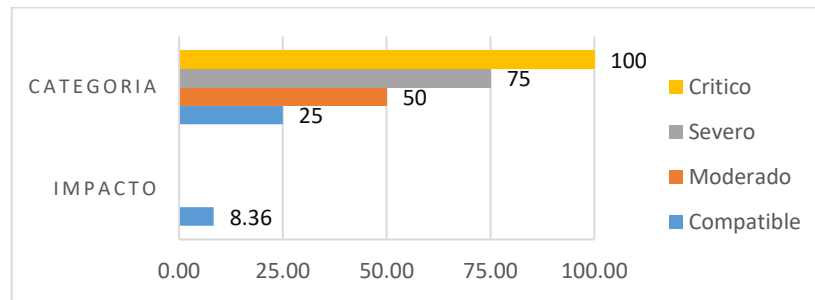
Como la escala de valoración máxima de Magnitud e Importancia por impacto fue de “10 x 10 = 100”, la relación global del impacto del proyecto se realizó sobre los 10,000. Por consiguiente, con una valoración de impactos de -836, se calcula un valor porcentual de 8.36% de impacto ambiental.

$$x (\%) = \frac{836 * 100}{10,000} = 8.36 \%$$

Relacionando el valor porcentual del impacto ambiental del proyecto de 8.36% respecto a los rangos de clasificación del dictamen ambiental, el impacto ambiental se considera como “Compatible” (**ver figura 58**), lo que significa que posee una recuperación inmediata, y no precisa de medidas preventivas, correctivas ni de mitigación.



**Figura 58.** Categoría del impacto del proyecto



Fuente: Autor

En la **ver tabla 43**, se individualiza y valora los porcentajes que aporta cada fase del proyecto. Por agregación, se identifica la fase de “operación” como la más afectada con menos -12.74%.

**Tabla 43.** Porcentajes del impacto ambiental de cada fase del proyecto

Fases	Acción	Agregación de impactos	Agregación por fase	Porcentaje	Impacto
<b>Construcción</b>	Mejoramiento, vías de acceso	+13	-104	-1.04%	Compatible
	Instalación de infraestructura	-117			
<b>Operación</b>	Apertura de vías internas	-235	-1274	-12.74%	Compatible
	Entrada y salida de maquinaria	-202			
	Destape del depósito	-176			
	Desbroce	-212			
	Excavación por tajos	-254			
	Acarreo	-157			
	Cribado	-84			
	Stock del material	-101			
	Manejo de Dschos. Solid. Comn.	-51			
	Manejo de estériles	-77			
	Manejo de combustibles	-91			
	Protc. zonas de amortiguación	+366			
<b>Abandono</b>	Desinstalación de Infraestructura	+96	+542	+5.42%	
	Desalojo de escombros	+90			
	Reforestación	+356			
<b>Total</b>				<b>8.36%</b>	<b>Compatible</b>

Elaboración: Autor

Del mismo modo, en la **ver tabla 44** se individualiza y valora los porcentajes de cada factor ambiental, identificando por agregación al medio “abiótico” como el medio más afectado con una afectación negativa de -9.78%. El medio socioeconómico tiene un impacto positivo de 2.78%.

**Tabla 44.** Porcentajes del impacto ambiental de los medios ambientales involucrados

Medio	Componente Ambiental	Factor Ambiental	Agreg. Impct.	Agreg. Comp.	Agreg. Medio	(%)	Impacto
<b>Medio Físico</b>	Agua	Calidad de agua	-48	-48	-978	-9.78%	Compatible
	Suelo	Calidad del suelo	-108	-149			
		Erosión del suelo	-5				
		Cambio - Uso Suelo	-36				
	Aire	Polvo	-213	-668			
		Gases y olores	-81				
		Ruido y vibraciones	-374				
Paisaje	Alteración visual	-113	-113				
<b>Medio Biótico</b>	Flora	Cobertura vegetal	-46	-46	-136	-1.36%	Compatible
	Fauna	Diversidad	-90	-90			
<b>Medio Socioeconómico</b>	Población	Salud y Sgd. Ocp.	-154	+266	+278	+2.78%	Positivo
		Empleo	+420				
	Infraestructura	Red vial	+12	+12			
<b>Total</b>						<b>8.36%</b>	<b>Compatible</b>

Elaboración: Autor

### **6.8.1.3. Análisis ambiental**

Con base en los impactos obtenidos en el dictamen ambiental, se procedió a realizar el análisis ambiental de los componentes ambientales que involucra el proyecto.

#### **6.8.1.3.1. Medio físico**

Aire: El componente aire será el más afectado por las actividades que se desarrollarán en el proyecto, presentando afectaciones negativas principalmente por: ruido, vibraciones, material particulado (polvo), y gases y olores. El ruido y las vibraciones se generarán casi en todas las actividades de operación principalmente por el uso de la maquinaria. El polvo se producirá mayormente por: el acarreo de material en el ciclo de producción, y por la entrada y salida de volquetes del área proyecto, debido a que las pistas o accesos no poseerán medidas de estabilización o impermeabilización. Los gases y olores se producirán por efecto de la combustión de la maquinaria y almacenamiento temporal de desechos. Todos estos impactos serán compatibles con el medio y se producirán de forma temporal.

Agua: El recurso agua será el menos afectado por las actividades del proyecto ya que las labores de explotación se realizarán fuera del cauce del río Macará, y el agua destinada en el proceso de cribado será almacenada en lagunas de sedimentación, hasta que clarifique por sedimentación de los sólidos en suspensión. Sin embargo, hay que considerar que la calidad de las aguas es susceptible a alterarse por el arrastre de finos, grasas, y aceites a causa de infiltraciones o escorrentía del agua de lluvia. Los impactos en este recurso son de bajo grado y se producirán de forma temporal.

Suelo: Este recurso será el segundo más afectado por las actividades del proyecto, puesto que repercutirán en su calidad y relieve natural. Las actividades que tendrán mayor repercusión, son: excavación por tajos, apertura de vías internas y desbroce de vegetación riparia. La excavación por tajos puede desencadenar procesos erosivos tanto aguas arriba, como aguas abajo de la excavación. La apertura de vías y desbroce de vegetación puede provocar que los suelos queden totalmente descubiertos reduciendo su estabilidad. Por otro lado, la calidad de los suelos puede ser afectada por el derrame de aceites y grasas, o la mala disposición de residuos. Todos estos impactos pueden ser mitigables, y se producirán de forma puntual.

Uso de suelo: Actualmente el uso del suelo está destinado para actividades de pastoreo, por lo que, al destinarse a la minería de grava, el impacto hacia este componente se considera compatible y puntual.

#### *6.8.1.3.2. Medio biótico*

Flora: La flora a desbrozar se concentra principalmente en la isla fluvial, siendo abundante, pero de poca diversidad debido a que está destinada a la actividad ganadera. La cubierta vegetal se retirará solamente en los sectores en que se instalará la infraestructura inherente a las servidumbres, y se almacenará para las labores de rehabilitación ambiental. El impacto de este componente es compatible y puntual.

Fauna: La fauna existente en el sector se compone principalmente por aves que pueden habitar en la vegetación arbórea presente, al desbrozar esta vegetación las aves no sufrirán mayor impacto porque fácilmente pueden migrar a hábitats cercanos. La fauna también se verá ahuyentada por el ruido provocado en el desbroce, arranque mecánico y acarreo. Este componente es compatible y puntual.

#### *6.8.1.3.3. Medio perceptual*

Paisaje: El paisaje del área del proyecto se verá alterado por el desbroce, apertura de tajos, instalación de infraestructura, y el movimiento de maquinaria; siendo las dos primeras las principales actividades que modificarán el paisaje. Como el área del proyecto es una zona intervenida por la ganadería y la agricultura, el impacto se considera compatible, y puntual.

#### *6.8.1.3.4. Medio socioeconómico*

Infraestructura vial: El desarrollo del proyecto provocará un impacto positivo sobre el estado de las vías, a través del mejoramiento y mantenimiento de la calzada que garantice la circulación de vehículos y maquinaria.

Población: El impacto económico en la población se considera positivo por la generación de empleo, aunque en poca magnitud, siendo estos temporales y de tipo complementario. En cuanto a la salud de la población y trabajadores, la generación de ruido y polvo por la entrada y salida de maquinaria puede acarrear malestar en su salud.

*Espacio en blanco dejado por el Autor*

## 6.8.2. Plan de manejo ambiental

El plan de manejo ambiental de la explotación de agregados pétreos del depósito aluvial, está orientado a reducir el impacto ambiental de las actividades del proyecto a través de medidas ambientales preventivas, de mitigación, control, contingencia, monitoreo y seguimiento, durante sus fases de implementación y operación.

El plan de manejo ambiental está estructurado por nueve planes, que son el resultado del análisis de la evaluación de impactos y responden adecuadamente a cada una de las actividades definidas para el proyecto, dando una atención especial a aquellas actividades que tiene mayor impacto negativo.

Cada plan contiene los correspondientes objetivos, metas, responsables, y acciones a detalle que deberán implementarse en los plazos previstos, como parte de la ejecución del proyecto, y correspondiente presupuesto. A continuación, se indica la estructura del plan de manejo ambiental, (*ver tabla 45*):

**Tabla 45.** Estructura del plan de manejo ambiental

Componente del Plan Ambiental	Programas
1. Plan de prevención y mitigación de impactos	<i>Prevención y control de ruidos</i>
	<i>Prevención y control de polvo, gases y olores</i>
	<i>Prevención de la contaminación del agua</i>
	<i>Prevención de la contaminación del suelo</i>
	<i>Prevención y reducción de la erosión</i>
	<i>Prevención y reducción de la flora y fauna silvestre</i>
2. Plan de manejo de desechos	<i>Manejo de estériles y desechos comunes</i>
3. Plan de educación ambiental y difusión	<i>Charlas de capacitación</i>
4. Plan de relaciones comunitarias	<i>Relaciones comunitarias y compensación</i>
5. Plan de contingencias	<i>Contingencias y respuestas</i>
6. Plan de salud y seguridad ocupacional	<i>Política general</i>
	<i>Señalización</i>
	<i>Seguridad ocupacional</i>
	<i>Salud ocupacional</i>
7. Plan de monitoreo y seguimiento ambiental	<i>Monitoreo de componentes ambientales</i>
	<i>Entrega de informes</i>
8. Plan de cierre y abandono	<i>Abandono del lecho mayor por aguas altas</i>
	<i>Abandono y entrega final del área</i>
9. Plan de rehabilitación	<i>Rehabilitación de áreas afectadas</i>

**Elaboración:** Autor

### 6.8.2.1. Plan de prevención y mitigación de impactos

El plan de prevención y mitigación de impactos consta de un conjunto de medidas y acciones tendientes a minimizar los principales impactos ambientales identificados y relacionados directamente con las actividades del proyecto, **(ver tabla 46 a la 51)**.

**Tabla 46.** Programa de prevención y control de ruido

PLAN DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN DE IMPACTOS						
PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE RUIDO						
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimizar la generación de ruido proveniente de equipos y maquinaria.</li> <li>- Cumplir con los límites máximos permitidos de la normativa ambiental vigente.</li> <li>- Proteger la salud y seguridad de los trabajadores y población aledaña.</li> </ul>					<b>PPM-01</b>
<b>Lugar de aplicación</b>	Área de influencia del proyecto					
<b>Responsable</b>	Encargado de la parte ambiental					
Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medida Propuesta	Indicador de Cumplimiento	Medio de Verificación	Plazo (meses)	Frecuencia
Calidad del aire Población	<i>Generación de ruido por uso de maquinaria</i>	Realizar el mantenimiento preventivo y programado de la maquinaria, con el objeto de mantener el buen funcionamiento mecánico. En caso alquiler, contratar quipo en buen estado.	Nº de mantenimientos realizados al año	Registro de mantenimiento	1	2 al año
		Establecer políticas del uso adecuado del claxon, para evitar la contaminación acústica.	Política sobre uso adecuado de maquinaria	Evaluación de quejas de personal y vecinos del proyecto	1	12 al año
		Las volquetas deberán transitar a una velocidad máxima de 20 km/h por poblados rurales.	Política sobre uso adecuado de maquinaria	Registro de sanciones	1	Semanal
Salud ocupacional	<i>Daño por ruido</i>	Dotar de tapones a los operadores de maquinaria y a obreros que trabajen a menos de 20 metros de la maquinaria.	Nº de protectores auditivos entregados a Nº de trabajadores	Registro de entrega de protectores auditivos	3	4 al año

Elaboración: Autor

**Tabla 47.** Programa de prevención y control de emisiones de polvo, gases y olores

PLAN DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN DE IMPACTOS						
PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE EMISIONES DE POLVO, GASES, Y OLORES						
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducir a sus niveles mínimos las emisiones de polvo, gases y olores.</li> <li>- Cumplir con los límites máximos permitidos de la normativa ambiental vigente.</li> <li>- Proteger la salud y seguridad de los trabajadores y población aledaña.</li> </ul>					<b>PPM-02</b>
<b>Lugar de aplicación</b>	Área de influencia del proyecto					
<b>Responsable</b>	Encargado de la parte ambiental					
Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medida Propuesta	Indicador de Cumplimiento	Medio de Verificación	Plazo (meses)	Frecuencia
Calidad del Aire	<i>Generación de gases y olores</i>	Realizar el mantenimiento preventivo y programado de la maquinaria, con el objeto de mantener la correcta combustión. En caso alquiler, contratar quipo en buen estado.	Nº de mantenimientos realizados.	Registros de mantenimiento Inspecciones	1	2 al año
		Prohibir la quema a cielo abierto de desechos plásticos, cartón, madera, etc. generados por la actividad minera.	Política contra quema de desechos	Evaluación de quejas de personal y vecinos del proyecto	1	Permanente
		Evitar la acumulación de desechos orgánicos.	Cumplimiento del plan de manejo de desechos	Inspecciones	1	12 al año
Calidad del Aire	<i>Generación de polvo</i>	Cubrir con lonas el material cargado en las volquetas para evitar la caída del material cuando salga del área minera hacia sitios urbanos.	Nº de vehículos con lonas	Registro fotográfico	1	Permanente
		Reglamentar la velocidad máxima de las volquetas a 20 km con el fin de disminuir la generación de material particulado.	Nº de letreros implementados	Registro fotográfico	1	Permanente

Elaboración: Autor

**Tabla 48.** Programa de prevención y mitigación de la calidad del agua

PLAN DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN DE IMPACTOS						
PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA						
<b>Objetivos</b>	- Prevenir la contaminación de los recursos hídricos del proyecto					<b>PPM-03</b>
<b>Lugar de aplicación</b>	Área de influencia del proyecto					
<b>Responsable</b>	Encargado de la parte ambiental					
Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medida Propuesta	Indicador de Cumplimiento	Medio de Verificación	Plazo (meses)	Frecuencia
Calidad de Agua	<i>Contaminación de cuerpos hídricos por derrames o vertidos</i>	Señalar la prohibición del vertido de desechos sólidos y líquidos en las cunetas perimetrales de la vía de acceso.	Nº de señalética colocada	Registro fotográfico	1	Solo una vez
		Construir un pozo séptico o sistema de tratamiento de aguas grises y negras para el campamento y áreas de baterías sanitarias, con el objetivo de evitar la contaminación de los acuíferos cercanos.	Foso séptico construido	Registro fotográfico	1	Solo una vez
		Construir cunetas perimetrales para la circulación de las aguas lluvia en el patio del campamento, área de stock, almacenamiento de combustibles, etc.	Nº de cunetas construidas	Registro fotográfico	1	Solo una vez
		Impermeabilizar las áreas almacenamiento de combustible, almacenamiento de residuos; para evitar la permeabilización de sustancias peligrosas al nivel freático.	100% del cumplimiento de la medida	Registro fotográfico	1	Solo una vez
		Realizar inspecciones habituales a la maquinaria y vehículos, identificando si existe alguna fuga o goteo de aceite, combustible o cualquier hidrocarburo, para aplicar medidas correctivas y prevenir la contaminación del agua.	Nº de inspecciones realizadas al mes por vehículo	Registro de inspecciones diarias de maquinaria y vehículo.	1	Diario

Elaboración: Autor



**Tabla 49.** Programa de prevención y mitigación de la contaminación del suelo

PLAN DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN DE IMPACTOS						
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE CONTAMINACIÓN DEL SUELO						
<b>Objetivos</b>	- Disminuir la contaminación del suelo mediante la aplicación de las medidas preventivas					<b>PPM-04</b>
<b>Lugar de aplicación</b>	Área de influencia del proyecto					
<b>Responsable</b>	Encargado de la parte ambiental					
Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medida Propuesta	Indicador de Cumplimiento	Medio de Verificación	Plazo (meses)	Frecuencia
Calidad del Suelo	Contaminación del suelo	Realizar inspecciones habituales a la maquinaria y vehículos, identificando si existe alguna fuga o goteo de aceite, combustible o cualquier hidrocarburo, para aplicar medidas correctivas y prevenir la contaminación del suelo.	Nº de inspecciones realizadas al mes por vehículo	Registro de inspecciones diarias de maquinaria y vehículo.	12	Diario
		En caso de contaminar el suelo por hidrocarburos, se procederá a la remediación de la zona afectada utilizando Kits de derrames.	Poseer Kit de derrames	Registro fotográfico	1	Una sola vez
		Adecuar el área de almacenamiento de combustible con infraestructura que permita proteger contra la corrosión a los tanques de almacenamiento, (cubierta, cerco, y cunetas perimetrales)	100% del cumplimiento de la medida	Registro fotográfico Inspecciones	1	Permanente
		Impermeabilizar el suelo y colocar trampas de grasas en el área de almacenamiento de combustibles y en el área del taller mecánico.	Suelo permeabilizado	Registro fotográfico	1	Una sola vez
		Almacenar temporalmente el suelo vegetal proveniente del destape, en un sector donde no interrumpa las actividades del proyecto, debidamente cubierto (con plástico u otro material), con el fin de evitar el arrastre de partículas por el viento o por escorrentía.	100% del cumplimiento de la medida	Registro fotográfico Inspecciones	1	Permanente

Elaboración: Autor

**Tabla 50.** Programa de prevención y reducción de la erosión

PLAN DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN DE IMPACTOS						
PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA EROSIÓN						
<b>Objetivos</b>	- Proporcionar medidas para disminuir la erosión durante la explotación minera					<b>PPM-05</b>
<b>Lugar de aplicación</b>	Área de influencia del proyecto					
<b>Responsable</b>	Encargado de la parte ambiental					
<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Identificado</b>	<b>Medida Propuesta</b>	<b>Indicador de Cumplimiento</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>	<b>Frecuencia</b>
Suelo	<i>Erosión de riberas</i>	Revegetar la zona riparia en los lugares expuestos a los procesos de erosión con las especies nativas del área del proyecto (carrizos y juncos).	Zonas revegetadas	Registro fotográfico Inspecciones	1	Una sola vez al año
		Colocar los estériles o sobre tamaños provenientes del proceso de explotación al pie del talud de las riberas para mitigar los procesos de erosión.	Zonas protegidas	Registro fotográfico Inspecciones	1	Una sola vez al año
		Proteger la vegetación riparia y las zonas de amortiguación entre la explotación y las riberas para evitar desencadenar procesos erosivos.	Riberas y vegetación no alterada	Registro fotográfico Inspecciones	12	Permanente
		Realizar la limpieza de vegetación invasora del lecho mayor y canal de inundación previo a la llegada de las aguas altas, para mejorar la capacidad de transporte y evitar encauzamientos.	Lecho mayor limpio	Registro fotográfico Inspecciones	1	Una sola vez al año
Suelo	<i>Erosión remontante del lecho</i>	Colocar pilotes de madera a lo ancho de la cabecera y pie de los tajos excavados, que no sobresalgan la altura del lecho mayor, lo cual, permita la recarga de material y evite la erosión remontante.	Nº de pilotes comprados/ Nº de pilotes colocados	Registro fotográfico Inspecciones	1	Una sola vez al año

Elaboración: Autor

**Tabla 51.** Programa de prevención y reducción de la flora y fauna silvestre

PLAN DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN DE IMPACTOS						
PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA FLORA Y FAUNA SILVESTRE						
<b>Objetivos</b>	- Proteger la flora y fauna silvestre que se encuentra cerca del área de explotación minera					<b>PPM-06</b>
<b>Lugar de aplicación</b>	Área de influencia del proyecto					
<b>Responsable</b>	Encargado de la parte ambiental					
<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Identificado</b>	<b>Medida Propuesta</b>	<b>Indicador de Cumplimiento</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>	<b>Frecuencia</b>
Cobertura Vegetal	<i>Pérdida de la cobertura vegetal nativa</i>	Prohibir la tala de árboles y desbroce de vegetación riparia que se encuentran fuera del área establecida para la actividad de servidumbres inherentes al proyecto.	Política en contra de tala de arboles	Inspecciones	12	Permanente
Estructura y composición faunística	<i>Pérdida de la composición faunística</i>	Señalizar el área minera con mensajes de conservación y protección a la vida silvestre; y de prohibición a la caza.	Nº de señalética colocada	Registro fotográfico Inspección de señalética.	1	Solo una vez
		Regular el uso de maquinaria pesada antes y después del horario de trabajo diario.	Política de uso de maquinaria	Inspecciones	12	Permanente

Elaboración: Autor

### 6.8.2.2. Plan de manejo de desechos

El plan de manejo de desechos comprende la gestión en el manejo de desechos sólidos, y líquidos, originados por todas las actividades vinculadas con la ejecución del proyecto, **(ver tabla 52)**.

**Tabla 52.** Programa de manejo de estériles y desechos comunes

PLAN DE MANEJO DE DESECHOS						
PROGRAMA DE MANEJO DE ESTÉRILES Y DESECHOS COMUNES						
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar medidas aplicables para el tratamiento y manejo de material orgánico que se genera por el desbroce de la vegetación.</li> <li>- Minimizar las afecciones al ambiente a través del manejo adecuado de los residuos sólidos en la zona de influencia.</li> <li>- Disponer los desechos sólidos comunes generados durante la explotación de manera adecuada desde su generación hasta su disposición final.</li> </ul>					<b>PPM-07</b>
<b>Lugar de aplicación</b>	Área de influencia del proyecto					
<b>Responsable</b>	Encargado de la parte ambiental					
Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medida Propuesta	Indicador de Cumplimiento	Medio de Verificación	Plazo (meses)	Frecuencia
Agua, Suelo, y Paisaje	<i>Contaminación del suelo, contaminación del agua y alteración del paisaje por mal manejo de desechos provenientes del destape, desbroce y limpieza del frente.</i>	Almacenar en un sitio adecuado los residuos provenientes del destape, desbroce, y la preparación del frente de explotación, para usarlos luego en la rehabilitación del área intervenida o para la protección de las riveras.	100% del cumplimiento de la medida	Registro fotográfico Inspecciones	12	Permanente
		Ubicar el material proveniente del desbroce y limpieza de terreno en un área específica donde no provoque encauzamientos, y no interrumpa el ejercicio de las actividades mineras.	100% del cumplimiento de la medida	Registro fotográfico Inspecciones	12	Permanente

<p>Agua, Suelo, y Salud</p>	<p><i>Contaminación del suelo, contaminación del agua y riesgos a la salud por mal manejo de residuos comunes</i></p>	<p>Realizar la respectiva clasificación de los residuos, ubicando cada residuo en los tachos correspondientes; en el tacho de color negro se ubicarán los desechos inorgánicos (papel, cartón, plásticos, envases metálicos o de vidrio); en el tacho verde los residuos orgánicos (residuos de alimentos, material vegetal); y en el rojo los desechos peligrosos (guapes y trapos contaminados con hidrocarburos, etc.)</p> <p>Luego de su clasificación, para el tratamiento de desechos se presentan algunas alternativas, las que serán implementadas de acuerdo a las condiciones y a las facilidades que el área del proyecto presente:</p> <p>a. Los desechos orgánicos podrán ser utilizados en la generación de compost, que se realiza mediante la descomposición de la materia orgánica. Este abono podrá ser utilizado como fertilizante natural para las plantas existentes en las áreas circundantes al proyecto.</p> <p>b. Los desechos no orgánicos (dependiendo de la cantidad de desechos) podrán ser entregados en recicladores o enviados al relleno sanitario municipal.</p>	<p>Número y color de tachos en el campamento</p>	<p>Registro fotográfico Inspección Facturas</p>	<p>12</p>	<p>Permanente</p>
<p>Agua, Suelo, y Salud</p>	<p><i>Contaminación del suelo, contaminación del agua y riesgos a la salud por mal manejo de residuos peligrosos</i></p>	<p>Almacenar temporalmente los desechos peligrosos como: suelos contaminados, envases vacíos usados, filtros de aceites, baterías usadas, chatarra contaminada con aceite o grasa mecánica, en el área acondicionada para éste propósito y posteriormente serán entregados a un Gestor de Desechos Peligrosos con Licencia Ambiental vigente.</p> <p>De igual manera los desechos peligrosos como aceite lubricante, aceite quemado, restos de combustibles y otros desechos peligrosos, deberán ser almacenados por separado en tanques metálicos de 55 galones etiquetados, en el área acondicionada para este propósito.</p>	<p>Área de almacenamiento</p>	<p>Inspección</p>	<p>12</p>	<p>Permanente</p>
<p>Agua, Suelo, y Salud</p>	<p><i>Contaminación del suelo, contaminación del agua y riesgos a la salud por mala disposición de residuos peligrosos</i></p>	<p>Para la recolección y transporte de desechos, la persona responsable del manejo de desechos peligrosos debe asegurarse que estos sean conducidos hasta el sitio de disposición final correspondiente.</p>	<p>100% del cumplimiento de la medida</p>	<p>Registro de Entrega</p>	<p>1</p>	<p>Una vez por año</p>

Elaboración: Autor

### 6.8.2.3. Plan de educación ambiental y difusión

El plan de comunicación, capacitación, y educación ambiental tiene como objeto incrementar el nivel de conocimiento y conciencia de los trabajadores respecto a temas de seguridad industrial, salud ocupacional y educación ambiental, (*ver tabla 53*).

**Tabla 53.** Programa de charlas de capacitación

PLAN DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DIFUSIÓN						
Programa de Charlas de Capacitación						
Objetivos	- Implementar acciones de educación en temas de seguridad industrial y salud ocupacional, para impedir o disminuir el número de accidentes laborales - Fomentar en los trabajadores y actores involucrados, una conciencia ambiental que se traduzca en la protección y conservación del ambiente					PPM-08
Lugar de aplicación	Área de influencia del proyecto					
Responsable	Encargado de la parte ambiental					
Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medida Propuesta	Indicador de Cumplimiento	Medio de Verificación	Plazo (meses)	Frecuencia
Población	Accidentes laborales, seguridad laboral y cuidado del ambiente	<b>Uso y manejo de equipos y extintores.</b> - Adiestrar a todos los trabajadores en el uso y manejo correcto de los equipos (extintores), para responder efectiva y rápidamente ante una eventualidad que se pudiere presentar durante el cumplimiento de sus actividades.	Nº de charlas dictadas	Registro fotográfico Registro de asistencia	1	Una vez al año
		<b>Uso del equipo mínimo de protección personal.</b> - Realizar charlas sobre la necesidad del uso permanente del equipo de protección personal (guantes, mascarillas, cascos, orejeras etc.), a fin de evitar posibles daños a la integridad física del trabajador.	Nº de charlas dictadas	Registro fotográfico Registro de asistencia	1	Una vez al año
		<b>Primeros Auxilios.</b> - Instruir al personal sobre cómo responder ante eventuales accidentes (primeros auxilios).	Nº de charlas dictadas	Registro fotográfico Registro de asistencia	1	2 veces al año
		<b>Educación Ambiental.</b> - Informar sobre la necesidad de mantener un ambiente libre de contaminantes, sobre las normas mínimas de higiene y de aseo personal, y manejo de alimentos y agua.	Nº de charlas dictadas	Registro fotográfico Registro de asistencia	1	2 veces al año

Elaboración: Autor

#### 6.8.2.4. Plan de relaciones comunitarias

El plan de relaciones comunitarias establece las actividades a desarrollar con la población del área de influencia, sobre las medidas que se han contemplado para reducir los impactos que pueda ocasionar la ejecución de este proyecto, **(ver tabla 54)**.

**Tabla 54.** Plan de relaciones comunitarias y compensación

PLAN DE RELACIONES COMUNITARIAS						
Programa de Relaciones Comunitarias y Compensación						
Objetivos	Crear relaciones comunitarias con la población aledaña y con los trabajos del proyecto.					PPM-09
Lugar de aplicación	Área de influencia del proyecto					
Responsable	Encargado de la parte ambiental					
Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medida Propuesta	Indicador de Cumplimiento	Medio de Verificación	Plazo (meses)	Frecuencia
Población	<i>Conflictos con la comunidad por desconocimiento de actividades del proyecto</i>	Difundir a la comunidad, autoridades y a las personas en general, sobre las actividades que se desarrollarán durante la extracción de pétreos.	Nº de difusiones realizadas	Registro fotográfico Registro de asistencia	1	1 vez al inicio del proyecto
		Socializar a través de reuniones con la comunidad las necesidades y perfiles de mano de obra que pueden ser cubiertas por personal local.	Nº de difusiones realizadas	Registro fotográfico Registro de asistencia	1	1 vez siempre que se requiera
	<i>Compensación</i>	Se generará fuentes de trabajo de manera directa e indirecta que dinamizarán la economía local. Se seleccionarán y contratarán trabajadores temporales y permanentes.	Nº de trabajadores del área de influencia	Afiliación al IEES	1	Siempre que se requiera
		Realizar acercamientos con las principales autoridades del sector a fin de informar las inquietudes de los habitantes y establecer lazos de comunicación entre proyecto-comunidad-autoridades.	Nº de reuniones realizadas	Actas de reuniones	1	2 veces al año
		Dar el mantenimiento a la vía de acceso	Nº de mantenimientos realizados	Registro fotográfico	2 meses	2 veces al año

Elaboración: Autor

### 6.8.2.5. Plan de contingencias

El plan de contingencias contempla las acciones de notificación, respuesta, y control, que se deben realizar para responder a una situación de emergencia, que permitirán enfrentar eficazmente los acontecimientos que pudiesen acontecer en el proyecto, **(ver tabla 55)**.

**Tabla 55.** Programa de contingencias y respuestas

PLAN DE CONTINGENCIAS						
Programa de contingencias y respuestas						
<b>Objetivos</b>	-Establecer un sistema de respuesta efectivo y oportuno, para controlar y mitigar los incidentes que se pudieren generar en un momento dado y que pongan en riesgo al proyecto y al personal que labora en el mismo. -Brindar atención oportuna ante posibles accidentes laborales e incidentes naturales o provocados.					<b>PPM-10</b>
<b>Lugar de aplicación</b>	Área de influencia del proyecto					
<b>Responsable</b>	Encargado de la parte ambiental					
<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Identificado</b>	<b>Medida Propuesta</b>	<b>Indicador de Cumplimiento</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>	<b>Frecuencia</b>
Emergencia	<i>Generación de incendios</i>	En caso de flagelos naturales y/o accidentales dentro de la vegetación riparia o en las áreas operativas del proyecto, será inminente y rápido el uso de extintores.	Nº de extintores adquiridos	Registro fotográfico Facturas	12	Permanente
Emergencia	<i>Inundaciones</i>	Previo a la llegada de las aguas altas durante los meses de invierno, se debe desinstalar y mover la infraestructura y equipos presentes en el lecho mayor.	Lecho mayor despejado	Registro fotográfico Inspección	2	Una vez al año
		Prohibir el ingreso de maquinaria o personal al cauce durante las aguas altas.	Multas o sanciones por incumplimiento	Registro de sanciones	12	Permanente
Emergencia	Existen tres posibilidades de contingencia: -Explosión e incendio de una máquina;	Para actuar organizadamente durante los casos de emergencias, todo el personal involucrado en el proyecto, será capacitado previamente, para establecer roles, responsabilidades y acciones inmediatas, como lo establece el presente Programa de Contingencias. 1. El encargado del frente de trabajo será el responsable de coordinar y dirigir las actividades a realizar en caso de emergencia.	Difusión del plan de contingencias en un 100%	Plan de contingencias impreso y dispuesto en el campamento; Registro de asistencia a	12	Permanente



	<p>-<i>Accidentes (caídas, quemaduras, golpes, etc.).</i></p> <p>-<i>Accidentes de tránsito.</i></p>	<p>2. Establecer responsabilidades a todos los trabajadores para dar respuesta inmediata a posibles emergencias (desastres naturales, accidentes laborales, incidentes múltiples etc.) que se pudiesen producir.</p> <p>3. Las instrucciones a seguir en caso de emergencia son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avise al encargado del frente de trabajo quien deberá determinar el grado y tipo de emergencia. Según el caso se comunicará a Cruz Roja 131 - Bomberos 102 - Policía 101 – Emergencia 911.</li> <li>- Hacer conocer al personal los lugares de riesgo colocando señalética informativa o preventiva, para evitar accidentes laborales según lo establecido en el Programa de Salud Ocupacional y Seguridad Industrial</li> <li>- Apenas ocurrido el accidente, el encargado del frente de trabajo, deberá investigar dicho suceso e informará a su inmediato superior el hecho.</li> </ul>		<p>reuniones; Roles definidos.</p>		
--	--	---	--	------------------------------------	--	--

**Elaboración:** Autor

### 6.8.2.6. Plan de salud y seguridad ocupacional

El plan de seguridad y salud ocupacional contempla un conjunto de actividades tendientes a evitar y prevenir accidentes laborales y afectaciones de la salud de los trabajadores, **(ver tabla 56 a la 59)**.

**Tabla 56.** Programa de política general de salud

PLAN DE SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL						
PROGRAMA DE POLÍTICA GENERAL DE SALUD						
Objetivos	- Evitar posibles accidentes laborales y enfermedades al personal de trabajo.					PPM-11
Lugar de aplicación	Área de influencia del proyecto					
Responsable	Encargado de la parte ambiental					
Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medida Propuesta	Indicador de Cumplimiento	Medio de Verificación	Plazo (meses)	Frecuencia
Salud y Seguridad Ocupacional	<i>Afectación a la seguridad y salud humana</i>	Revisar que todos los miembros del equipo de trabajo, así como los subcontratados, se encuentren físicamente en buen estado de salud, para lo cual se exigirá que todos se realicen un chequeo médico general. Una vez que se haya obtenido el certificado de este chequeo médico, se llevará un registro de las enfermedades que padecieran los trabajadores durante el periodo que dure el proyecto.	100% de los trabajadores se les habrá realizado el chequeo médico con exámenes de diagnóstico.	Certificaciones médicas del estado de salud de los trabajadores	Antes de iniciar el proyecto	2 veces al año
		En caso de que se identifique un trabajador enfermo, o que este reporte su dolencia; el técnico responsable del proyecto minero otorgará las garantías necesarias para que el afectado sea trasladado en forma inmediata al centro de salud más cercano. Si la enfermedad es grave será trasladado a un hospital cercano.	Reporte de técnico encargado	Consulta medica	Antes de iniciar las actividades	Siempre que se necesite
		Todos los trabajadores que presten sus servicios en el proyecto deberán estar afiliados al IEES.	Nº de trabajadores afiliados	Certificado de afiliación	1	Siempre que se contrate personal

<p>Salud y Seguridad Ocupacional</p>	<p><i>Afectación a la seguridad y salud humana</i></p>	<p>Proveer a los trabajadores del equipo de protección (casco, botas, mascarillas para polvo, guantes, gafas y protectores auditivos) y ropa de trabajo. Este equipo debe cumplir con los estándares aplicables. La utilización de los medios de protección personal tendrá carácter obligatorio.</p> <p>El empleador estará obligado a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suministrar a sus trabajadores el EPP, de uso obligatorio para protegerles de los riesgos profesionales inherentes al trabajo que desempeñan.</li> <li>- Renovar oportunamente los EPP, o sus componentes, de acuerdo con sus respectivas características y necesidades.</li> <li>- Instruir a sus trabajadores sobre el correcto uso y conservación EPP, sometiéndose al entrenamiento preciso y dándole a conocer sus aplicaciones y limitaciones.</li> <li>- Determinar los lugares y puestos de trabajo en los que sea obligatorio el uso de algún medio de protección personal.</li> </ul> <p>El trabajador está obligado a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar en su trabajo el EPP, conforme a sus necesidades laborales.</li> <li>- Hacer uso correcto de los mismos, no introduciendo en ellos ningún tipo de reforma o modificación.</li> <li>- Comunicar técnico responsable del proyecto las deficiencias que observe en el estado o funcionamiento del EPP, la carencia de los mismos o las sugerencias para su mejoramiento funcional.</li> </ul> <p>El equipo de protección personal:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ropa adecuada</li> <li>- chaleco reflectivo</li> <li>- Cascos</li> <li>- Botas punta de acero</li> <li>- Guantes</li> <li>- Mascarillas</li> <li>- Gafas de seguridad</li> <li>-Protectores auditivos</li> </ul>	<p>Nº de equipos adquiridos</p> <p>Difusión del Plan de seguridad y salud ocupacional</p>	<p>Registro fotográfico</p> <p>Facturas</p> <p>Plan de contingencias impreso y dispuesto en el campamento</p>	<p>1</p>	<p>2 veces al año</p>
--------------------------------------	--	---	---	---	----------	-----------------------

Elaboración: Autor

**Tabla 57.** Programa de señalización

PLAN DE SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL						
PROGRAMA DE SEÑALIZACIÓN						
<b>Objetivos</b>	- Indicar la señalética que se utilizará como medio de prevención y control.					<b>PPM-12</b>
<b>Lugar de aplicación</b>	Área de influencia del proyecto					
<b>Responsable</b>	Encargado de la parte ambiental					
Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medida Propuesta	Indicador de Cumplimiento	Medio de Verificación	Plazo (meses)	Frecuencia
Salud	<i>Accidentes laborales</i>	Colocar señalización de advertencia, obligación, prohibición, preventiva, salvamento o socorro todas las áreas de trabajo	Nº de señalética implementada	Registro fotográfico Inspección	1	Solo una vez
		Colocar señalización de advertencia en los cruces de vía, con sujeción a las Leyes de Tránsito, indicando el peligro de salida de vehículos y las recomendaciones de reducir la velocidad a 20 Km/hora en estos sitios.	Nº de señalética implementada	Registro fotográfico Inspección	1	Solo una vez
		Colocar rótulos de advertencia en los frentes de explotación donde se estén efectuando trabajos de arranque de material, indicando: "zona de riesgo, no se acerque".	Nº de rótulos implementados	Registro fotográfico Inspección	1	Solo una vez
		Colocar la señalización necesaria para las diferentes áreas de trabajo, de tal forma que la población que ingresa, permanece y circula por el área propuesta para la explotación de mineral (aún por determinar ) el campamento y la vía de acceso, tengan el conocimiento cabal de la precauciones de debe tener con la infraestructura instalada.	Nº de señalética implementada	Registro fotográfico Inspección	1	Solo una vez

**Elaboración:** Autor

**Tabla 58.** Programa de seguridad ocupacional

PLAN DE SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL						
SEGURIDAD OCUPACIONAL						
<b>Objetivos</b>	- Establecer normas preventivas con el fin de evitar accidentes y enfermedades ocupacionales					<b>PPM-13</b>
<b>Lugar de aplicación</b>	Área de influencia del proyecto					
<b>Responsable</b>	Encargado de la parte ambiental					
Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medida Propuesta	Indicador de Cumplimiento	Medio de Verificación	Plazo (meses)	Frecuencia
Salud	<i>Afectación a la seguridad y salud humana</i>	No permitir el ingreso a los sitios de trabajo, menos operar maquinaria o equipo, a personas con síntomas de estar bajo efectos de alcohol o drogas.	Multas o sanciones	Registro de sanciones	12	Permanente
		No permitir el uso de las volquetas como medio de transporte para los trabajadores	Multas o sanciones	Registro de sanciones	12	Permanente
		No permitir bromas o juegos que pongan en peligro a la salud de los trabajadores.	Multas o sanciones	Registro de sanciones	12	Permanente

Elaboración: Autor

Tabla 59. Programa de salud ocupacional

PLAN DE SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL						
PROGRAMA DE SALUD OCUPACIONAL						
<b>Objetivos</b>	- Establecer normas preventivas con el fin de evitar accidentes y enfermedades ocupacionales.					<b>PPM-14</b>
<b>Lugar de aplicación</b>	Área de influencia del proyecto					
<b>Responsable</b>	Encargado de la parte ambiental					
Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medida Propuesta	Indicador de Cumplimiento	Medio de Verificación	Plazo (meses)	Frecuencia
Salud	<i>Daños en la salud e higiene del personal</i>	Dotar de agua tratada para el consumo humano.	Nº bidones de agua embotellada	Registro fotográfico Facturas	12	Siempre que se requiera
Salud	<i>Daños en la salud e higiene del personal</i>	En el campamento se deberá contar con un botiquín para brindar primeros auxilios al personal en caso de dolencias, golpes, fracturas, heridas, etc.	Implementación de botiquín	Registro fotográfico Inspección	12	Permanente

Elaboración: Autor

### 6.8.2.7. Plan de monitoreo y seguimiento ambiental

El plan de monitoreo detalla las medidas a realizar en cuanto al monitoreo de la calidad ambiental, y el seguimiento de cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental, (*ver tabla 60 a 61*).

**Tabla 60.** Programa de monitoreo de componentes ambientales

PLAN DE MONITOREO y SEGUIMIENTO AMBIENTAL						
PROGRAMA DE MONITOREO DE COMPONENTES AMBIENTALES						
Objetivos	- Establecer los elementos ambientales, parámetros a monitorear y su frecuencia					PPM-15
Lugar de aplicación	Área de influencia del proyecto					
Responsable	Encargado de la parte ambiental					
Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medida Propuesta	Indicador de Cumplimiento	Medio de Verificación	Plazo (meses)	Frecuencia
Agua, Suelo, Aire, Flora y Fauna	Possible contaminación del agua	Se realizará monitoreo del agua en el sitio de descarga de las piscinas de sedimentación. Los parámetros a analizar serán los siguientes: pH, temperatura, Oxígeno Disuelto, materia flotante, aceites y grasas. Los resultados serán comparados con los límites máximos permitidos según la norma vigente.	Nº de análisis realizados	Facturas Resultados de laboratorio Registro fotográfico	6	2 veces al año
	Possible contaminación del suelo	Se realizará el monitoreo de suelo en caso de que se identifique presencia de lubricantes o combustible por inspección visual, se realizará un muestreo compuesto y se analizará los siguientes parámetros: pH, TPH, HAPs, Cadmio, Níquel y Plomo. Los resultados serán comparados con los LMP según la norma vigente.	Nº de análisis realizados	Facturas Resultados de laboratorio Registro fotográfico	6	2 veces al año
	Possible contaminación acústica	Realizar el monitoreo de los niveles de presión sonora en el campamento y frente de explotación durante la operación para verificar los niveles de ruido a la que están expuestos los trabajadores.	Nº de mediciones de ruido	Informe técnico Registro fotográfico	6	2 veces al año
	Possible contaminación del aire	Realizar monitoreo de material particulado y Calidad del Aire (CO2) en el campamento y área de cribado.	Nº de inspecciones	Informe técnico Registro fotográfico	6	2 veces al año
	Daño a la flora y fauna	Realizar un monitoreo de flora y fauna antes y durante las actividades de explotación para obtener indicadores del efecto de la actividad, y realizar los correctivos necesarios.	Nº de informes de EER por año	Informe técnico Registro fotográfico	6	2 veces al año

Elaboración: Autor

Tabla 61. Programa de entrega de informes

PLAN DE MONITOREO y SEGUIMIENTO AMBIENTAL						
PROGRAMA DE ENTREGA DE INFORMES						
<b>Objetivos:</b>	<i>Establecer los elementos ambientales, parámetros a monitorear y su frecuencia, conforme a la legislación ambiental vigente y aplicable</i>					PPM-16
<b>Lugar de Aplicación:</b>	Área de influencia del proyecto					
<b>Responsable</b>	Encargado de la parte ambiental					
Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medida Propuesta	Indicador de Cumplimiento	Medio de Verificación	Plazo (meses)	Frecuencia
Seguimiento del PMA	<i>Incumplimiento de la Normativa, Seguridad de Trabajadores, maquinaria e infraestructura</i>	Presentar informes de monitoreo y seguimiento ambiental indicando los siguientes aspectos: medida ambiental, porcentaje de cumplimiento, indicador en caso de aplicar, medio de verificación del cumplimiento de la medida ambiental, responsable de ejecución, análisis comparativo de los resultados de monitoreos físicos (agua, aire, suelo, ruido) con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente	Nº de monitoreos presentados	Informes de monitoreos	6	2 veces al año
		Presentar la Auditoría Ambiental de Cumplimiento a la Autoridad Ambiental competente, al primer año a partir de la emisión de la licencia ambiental y posteriormente cada dos años hasta el cierre y abandono de la actividad minera objeto de licenciamiento.	100% del cumplimiento de la medida	Informe de AAC	24	Una vez cada dos años
		Realizar inspecciones a los frentes de explotación, vías internas y demás infraestructura minera, con la finalidad de determinar el estado de infraestructura y características morfológicas de los frentes de explotación.	100% del cumplimiento de la medida	Registro fotográfico Inspecciones	2	2 veces al año

Elaboración: Autor



### 6.8.2.8. Plan de cierre y abandono

El plan de abandono y entrega contempla las estrategias que se deben seguir cuando se abandone el lecho mayor por el periodo de aguas altas y el área del proyecto por haber finalizado las actividades del proyecto, **(ver tabla 62 a la 63).**

**Tabla 62.** Programa de abandono del lecho mayor por aguas altas

PLAN DE CIERRE Y ABANDONO						
PROGRAMA DE ABANDONO DEL LECHO MAYOR POR AGUAS ALTAS						
<b>Objetivos:</b>	- Establecer las estrategias apropiadas para el abandono del lecho mayor por aguas altas.					PPM-17
<b>Lugar de Aplicación:</b>	Área de influencia del proyecto					
<b>Responsable</b>	Encargado de la parte ambiental					
Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medida Propuesta	Indicador de Cumplimiento	Medio de Verificación	Plazo (meses)	Frecuencia
Suelo, Paisaje	Generación de desechos	Previo a la llegada de las aguas alta se deberá realizar las siguientes actividades: - Desmantelar, remover, trasladar fuera del lecho mayor toda la maquinaria y edificaciones. - Limpiar los suelos contaminados. - Nivelar pendientes del terreno. - Desbrozar la vegetación invasora del lecho mayor y la del canal de inundación para evitar encauzamientos	100% del cumplimiento de la medida	Registro fotográfico Inspecciones	2	Una vez cada año

Elaboración: Autor

**Tabla 63.** Plan de abandono y entrega final del área

PLAN DE CIERRE Y ABANDONO						
PLAN DE ABANDONO Y ENTREGA FINAL DEL ÁREA						
<b>Objetivos</b>	- Establecer las estrategias apropiadas para el abandono y entrega del área de explotación.					PPM-18
<b>Lugar de Aplicación</b>	Área de influencia del proyecto					
<b>Responsable</b>	Encargado de la parte ambiental					
Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medida Propuesta	Indicador de Cumplimiento	Medio de Verificación	Plazo (meses)	Frecuencia
Suelo, Paisaje	Generación de desechos	Para el retiro de instalaciones en las zonas del proyecto se deberá realizar las siguientes actividades - Desmantelar, remover, trasladar fuera del proyecto toda la maquinaria y edificaciones. - Limpiar suelos contaminados. - Restaurar drenaje natural si existiese. - Romper y retirar estructuras de concreto. - Todos los insumos sobrantes deben ser retirados - Limpiar y sellar pozo séptico - Nivelar el terreno. - Rehabilitar y revegetar la superficie del área.	100% del cumplimiento de la medida	Registro fotográfico Inspecciones	12	Una sola vez al final del proyecto
Suelo, Paisaje	Conflicto social	Reemplazar la señalética de operación por señalética correspondiente al estado de cierre y pasivo ambiental.	Nº de señalética reemplazada	Registro fotográfico Inspecciones	2	Una sola vez al final del proyecto

Elaboración: Autor

### 6.8.2.9. Plan de rehabilitación

El plan de rehabilitación contiene un conjunto de acciones orientadas a rehabilitar las zonas afectadas durante la operación, (*ver tabla 63*).

**Tabla 64.** Plan de rehabilitación de áreas afectadas

PLAN DE REHABILITACIÓN						
Programa de Restauración de Áreas Afectadas						
<b>Objetivos</b>	Recuperar las zonas afectadas por las actividades mineras dentro de la Concesión					PPM-19
<b>Lugar de Aplicación</b>	Área de influencia del proyecto					
<b>Responsable</b>	Encargado de la parte ambiental					
Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medida Propuesta	Indicador de Cumplimiento	Medio de Verificación	Plazo (meses)	Frecuencia
Paisaje	Mejoramiento del paisaje	<p>El material orgánico retirado producto de la remoción de la cobertura vegetal, se conservará en sitios adecuados para su uso posterior en las obras de revegetación y recuperación de las áreas alteradas.</p> <p>Para la rehabilitación se realizará los siguientes pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se deberá identificar las áreas afectadas por la explotación de pétreos.</li> <li>2 En las áreas desprovistas de vegetación y en todas las áreas afectadas por la actividad se realizará una reforestación o revegetación con especies propias de la zona.</li> </ol>	100% del cumplimiento de la medida	Registro fotográfico Inspecciones	12	Una sola vez al final del proyecto

Elaboración: Autor

### 6.8.3. Presupuesto y cronograma del plan de manejo ambiental

A continuación, se detalla el presupuesto anual necesario para efectuar las medidas del plan de manejo ambiental del proyecto, el cual asciende a \$ 8295, (*ver tabla 65*).

**Tabla 65.** Presupuesto y cronograma del Plan de Manejo Ambiental

Nombre del plan y medida de acción	Costo Total	Plazo meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Plan de prevención y mitigación de Imp.</b>														
Lonas para cubrir el material	380	1	■											
Permeabilización del suelo (geomembrana)	300	1	■											
Adecuación del área combustibles	150	1	■											
Revegetación de zona riparia	120	1						■						
Colocación de estériles en zonas de Amort.	1200	1												■
Colocación de pilotes de madera en tajos	600	1												■
Limpieza del lecho mayor	300	1												■
<b>Plan de manejo de desechos</b>														
Manejo de residuos del desbroce, destape	250	2						■					■	
Manejo de residuos de la preparación Exp.	100	2						■					■	
Adquisición de tachos de basura	175	1	■											
Kit de derrames	60	1	■											
Tanques de 55 gl.	15	1	■											
Transporte de desechos al relleno sanitario	130	1												■
<b>Plan de educación ambiental y difusión</b>														
Charlas de capacitación	140	2						■					■	
<b>Plan de relaciones comunitarias</b>														
Exposición de retroalimentación	140	1	■									■		
Mantenimiento de vía (compensación)	1000	1					■							■
<b>Plan de contingencias</b>														
Extintores	180	1	■											
Charla de capacitación de contingencia	70	1						■						
<b>Plan de salud y seguridad ocupacional</b>														
Adquisición de E.P.P	400	1	■											
Adquisición e instalación de señalética	230	1	■											
Bidones de agua embotellada	15	12	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Botiquín (medicamentos y utensilios)	80	1	■											
<b>Plan de monitoreo y seguimiento Amb.</b>														
Medición de ruido	120	2						■						■

Continúa

Colección de Muestras y Análisis de agua	340	2																	
Colección de Muestras y Análisis de suelo	440	2																	
Colección de Muestras y Análisis de aire	120	2																	
Colección de Muestras y Análisis de fauna	250	1																	
Colección de Muestras y Análisis de flora	250	1																	
<b>Plan de cierre y abandono</b>																			
Abandono del lecho mayor por aguas altas	740	2																	
<b>Total</b>	<b>\$ 8295</b>																		

Elaboración: Autor

## 6.9. Estudio económico del proyecto

Se realizó el análisis económico del proyecto, con base en: la proyección de costos e ingresos y estado de fuentes y usos del efectivo, para establecer los diferentes parámetros de evaluación como VAN y TIR.

### 6.9.1. Inversión fija

Las erogaciones que se efectuarán para adquirir los bienes tangibles inherentes al proyecto, se detallan a continuación:

#### 6.9.1.1. Inversión en terreno

Para el desarrollo del proyecto se necesita adquirir el predio del depósito aluvial y el predio aledaño al depósito que servirá para operar en invierno, (*ver ubicación de predios Anexo 13*); el predio del depósito aluvial posee un valor comercial de \$ 72000 en relación a un área de 7.2 ha., y a un precio comercial por hectárea de \$ 10000 dólares en la zona de influencia. El terreno aledaño al depósito aluvial posee un valor comercial de \$ 12000 en relación a un área de 1.2 ha, y a un precio similar por hectárea. Por consiguiente, la inversión por terrenos suma un valor de \$ 84000, (*ver tabla 66*).

Tabla 66. Inversión en terreno

Terreno	Precio Unitario (\$/ha)	Cantidad (ha)	Total (\$)
Depósito aluvial	10000	7.2 ha	72000
Terreno aledaño	10000	1.2 ha	12000
<b>Total</b>			<b>\$ 84000</b>

Elaboración: Autor

### 6.9.1.2. Inversión en infraestructura

La infraestructura necesaria para el ejercicio de las servidumbres mineras inherentes al proyecto se detalla en la **tabla 76**, cuyo número suma una inversión total de \$ 47654.4 por costes de construcción e instalación.

**Tabla 67.** Inversión en infraestructura

Infraestructura		Precio Unitario (\$/m <sup>2</sup> )	Cantidad (m <sup>2</sup> )	Total (\$)
Campamento	Oficina	300	15	4500
	Cocina - comedor	250	30	7500
	Dormitorio	200	25	5000
	Taller mecánico	200	30	6000
	Servicios higiénicos	250	15	3750
	Caseta de guardianía	240	5	1200
	Bodega	240	25	6000
	Parqueadero	25	30	750
Otros	Área de almacnto. de combustible	5	100	500
	Plataforma de la criba	80	144	11520
	Imprevistos 2%			934.4
<b>Total</b>			<b>\$ 47654.4</b>	

Elaboración: Autor

### 6.9.1.3. Inversión en maquinaria y equipo

En razón al número de horas y días efectivos necesarios para cumplir la producción anual del proyecto de 15000 m<sup>3</sup>/año, tiempo que no supera las 230 horas o 29 días hábiles al año; la inversión por la compra o alquiler de maquinaria se analizó desde el punto técnico económico, ej. (Hernández Páez & Sánchez Rincón, 2015) se recomienda que para obras civiles de corta duración, conviene alquilar la maquinaria en vez de comprarla cuando no se disponga del capital propio para asumir la adquisición de los equipos durante un periodo de tiempo corto, ya que, al relacionar el pago por el financiamiento a tasas de interés comercial, los costos de mantenimiento y operación, y la depreciación anual hacia un costo residual, indica que el “costo de oportunidad” es negativo para la opción de compra.

Por consiguiente, este proyecto al ser inicial se planea arrendar el lote de maquinaria para la explotación de material pétreo según lo programado en el cronograma de explotación. No obstante, dada la necesidad permanente de tener el servicio de los equipos de cribado

y de la cargadora frontal para el abastecimiento a clientes, resulta conveniente su adquisición. La inversión de estos bienes se detalla en la **tabla 68 y 69**, sumando un total de \$ 135900.

**Tabla 68.** Inversión en maquinaria

Equipo	Precio Unitario (\$/u)	Cantidad (u)	Total (\$)
Cargadora Frontal SEM 656D	130500	1	130500
<b>Total</b>			<b>\$ 130500</b>

**Fuente:** Autor

**Elaboración:** IIASACAT-Guayaquil

**Tabla 69.** Inversión en equipos de cribado

Equipo	Precio Unitario (\$/u)	Cantidad (u)	Total (\$)
Criba (estructura metálica)	3500	1	3500
Monitor Hidráulico - 2" x 1.5"	150	1	150
Bomba centrífuga de eje libre - 3" x 2"	500	1	500
Motor eléctrico trifásico de 20HP	1250	1	1250
<b>Total</b>			<b>\$ 5400</b>

**Elaboración:** Autor

#### **6.9.1.4. Inversión en equipo de computación y oficina**

La inversión por equipos de computación y oficina necesarios para la administración, suma \$ 1560, (**ver tabla 70**).

**Tabla 70.** Inversión en equipos de oficina

Equipo	Precio Unitario (\$/u)	Cantidad (u)	Total (\$)
Computador	780	1	780
Impresora	180	1	180
Otros (escritorio, archivador, etc.)	600	1	600
<b>Total</b>			<b>1560 \$</b>

**Elaboración:** Autor

### 6.9.1.5. Inversión en muebles y enseres

La inversión por muebles y enseres del campamento, suma \$ 1610, (*ver tabla 71*).

**Tabla 71.** Inversión en muebles y enseres

Enser	Precio Unitario (\$/u)	Cantidad (u)	Total (\$)
Juego de comedor	150	1	150
Muebles de cocina	800	1	500
Literas	180	2	360
Otros enseres menores	600	1	600
<b>Total</b>			<b>1610 \$</b>

**Elaboración:** Autor

El monto total por la inversión fija en el proyecto es de \$ 270724.4, resultado de la suma de los totales parciales de los ítems propuestos anteriormente: terreno (a), infraestructura (b), maquinaria y equipos (c), equipo de oficina (d), y muebles y enseres (e).

$$\text{Inversión Fija} = a + b + c + d + e$$

$$\text{Inversión Fija} = \$ 84000 + \$ 47654.4 + \$ 135900 + \$ 1560 + \$ 1610$$

$$\text{Inversión Fija} = \$ 270724.4 \text{ Total}$$

## 6.9.2. Costos de operación

El cálculo de los costos unitarios de operación de este proyecto se fundamenta en los siguientes parámetros:

- **Costes directos:** Costes de alquiler de maquinaria, coste de operación de equipos, costes por mano de obra y costos por insumos.
- **Costes indirectos:** Costos de mano de obra indirecta, costos pre operacionales, costos por manejo ambiental y costos por depreciación de activos.

### 6.9.2.1. Costos directos

Los costos directos o rubros destinados a servicios o actividades imprescindibles para la explotación de material pétreo se detallan a continuación.



### 6.9.2.1.1. Costo por arrendamiento de maquinaria y equipos

Dado a que parte de la maquinaria se planea arrendar, su costo horario corresponderá a la de las tarifas de alquiler existentes en el mercado local, entre las cuales se ofrece el alquiler por hora, por días de ocho 8 horas, por semanas de 48 horas, y por meses de 192 horas, en la que se incluye en acuerdo con el arrendatario los costos del operador y del combustible.

De este modo, al considerar el tiempo necesario para efectuar la producción anual de 25 días, es conveniente el arrendamiento por semana (48 horas) en el que se obtiene un descuento en el alquiler por hora. Por lo tanto, al relacionar las tarifas de alquiler de la excavadora y volqueta que incluyen el costo de operador y combustible, el costo total de arrendamiento asciende a 94.5 \$ la hora en la semana, (*ver tabla 72*).

**Tabla 72.** Costo horario por arrendamiento de maquinaria

Maquinaria	Tarifa mensual de alquiler (\$/mes)	Tarifa semanal de alquiler (\$/semana)	Tarifa diaria de alquiler (\$/día)	Tarifa horaria de alquiler (\$/hora)	Costo de alquiler por hora (\$/hora)
Excavadora CAT 420 F	7344	1944	342	45	40.5
Volqueta Hino de 12m <sup>3</sup>	9792	2592	456	60	54
				<b>Total</b>	<b>94.5 \$</b>

**Elaboración:** Autor

### 6.9.2.1.2. Costo de operación de maquinaria y equipos

El costo de operación de maquinaria solo considera el costo horario del motor eléctrico de la bomba centrífuga y el costo de la cargadora frontal, los mismos que suman un total \$ 47.2 por hora. Los costos horarios de estos equipos se detallan en la *tabla 73, 74 y 75*.

**Tabla 73.** Características técnico-económicas de la cargadora frontal SEM 656D

Código	Descripción	Valor
Vm	Valor de la máquina o equipo considerado como nuevo	\$ 130,500.00
Vr	Valor de rescate de la máquina o equipo	35% \$ 45,675.00
Ve	Vida económica (horas efectivas de trabajo)	10,000.00
Hea	Número de horas efectivas de trabajo durante el año	500.00
i	Tasa de interés anual (Casa comercial)	11.00%
s	Seguro e impuestos (Valor de matrícula, impuesto municipal, otros)	4.50%
Ko	Coefficiente por mantenimiento tanto mayor como menor	0.60
---	Tipo de combustible	Diésel

*Continúa*

<b>HP</b>	Caballos de fuerza	217.00
<b>Fo</b>	Factor de operación de la maquinaria o equipo	0.75
<b>Ce</b>	Coefficiente de combustible determinado por la experiencia	0.02
<b>Gh=Hp*Fo*Ce</b>	Cantidad de combustible utilizado por hora efectiva de trabajo. (gal)	3.26
<b>Pc</b>	Precio del combustible (gal)	\$ 1.037
<b>CC</b>	Capacidad del cárter de aceite (Its)	21.00
<b>Tc</b>	Tiempo para el cambio de aceite "Tc" (horas)	250.00
<b>Ca</b>	Coefficiente experimental para lubricante consumido por hora (Its)	0.00
<b>Ah=Ca*HP*Fo</b>	Cantidad de aceites lubricantes consumidos por hora efectiva de trabajo	0.57
<b>Ga=CC/Tc</b>	Consumo entre cambios sucesivos de lubricantes	0.08
<b>Pa</b>	Costo de los aceites lubricantes (lit)	\$ 2.20
<b>Pn</b>	Valor de las neumáticos o llantas	1,400.00
<b>Vn</b>	Horas de vida económica de las llantas	2,000.00
<b>Va</b>	Horas de vida económica de las piezas especiales	2,500
<b>Pa</b>	Valor de las piezas especiales	\$ 300
<b>Sr</b>	Salario real del personal necesario para operar por hora	\$ 3.89
<b>Ht</b>	Horas efectivas de trabajo de la maquinaria dentro del turno	8.00

Elaboración: Autor

**Tabla 74.** Costo horario de la cargadora frontal SEM 656D

Costos	Fórmula	Cálculo	Costos
<b>Costos fijos</b>			
Costo por Depreciación	D = $\frac{Vm - Vr}{Ve}$	D = 84,825.00	\$ 8.483
		D = 10,000.00	
Costo por Inversión	Im = $\frac{(Vm + Vr) * i}{2Hea}$	Im = 19379.25	\$ 19.379
		Im = 1,000.00	
Costo por Seguros	Sm = $\frac{(Vm + Vr) * s}{2Hea}$	Sm = 7,927.88	\$ 7.928
		Sm = 1,000.00	
Costo por Mantenimiento	Mn = Ko * D	Mn = 5.089500	\$ 5.090
Suma de costos fijos= Cfi			\$ 40.879
<b>Costos por consumo</b>			
Costo por Combustibles	Co = Gh * Pc	Co = \$ 3.38	\$ 3.38
Costo por lubricantes	Lb = ( Ah + Ga ) * Pa	Lb = \$ 1.44	\$ 1.44
Costo por llantas	N = Pn/Vn	N = \$ 0.7	\$ 0.70
Costo por piezas especiales	Ae = Pa/Va	Ae = \$ 0.12	\$ 0.12
Suma de costos por consumos= Cco			\$ 5.63
<b>Costos por operación</b>			
Costo por salarios de operación	Po = Sr/Ht	Po = 0.48625	\$ 0.49
Suma de costos por operación= Cop			\$ 0.49
<b>Costo horario P hm= Cfi + Cco + Cop</b>			<b>\$ 47.00</b>

Elaboración: Autor

**Tabla 75.** Costo horario de motor eléctrico

Motor Eléctrico Trifásico			
Datos de máquina		Detalle	
(Hp)	Potencia	20	
Kw/h:	Consumo	20	
(Vm)	Valor original	1250	
(Vr)	Valor residual	375	
(Vd)	Valor a depreciar	875	
(V)	Vida Útil	10	
(Hea)	Horas efectivas al año	750	
(Ve)	Vida útil en horas	7500	
(ko)	% mantenimiento	30	
\$	Precio de energía	9.33 ctvs.	
Costos de propiedad		Formula	Costo Parcial
Depreciación (D)		$D=(Vm-Vr)/Ve$	\$ 0.11
Mantenimiento		$Mn= Ko*D$	\$ 0.03
Costos de operación		Formula	Costo Parcial
Consumo de energía		0.093 \$	\$ 0.093
<b>Costo horario (Cos. de propiedad + Cos. de operación)</b>			<b>\$ 0.2</b>

Elaboración: Autor

#### 6.9.2.1.3. Costo por mano de obra directa

La mano de obra que participará directamente en la operación será: un supervisor de mina y dos ayudantes. Sumando los costos horarios parciales de la mano obra, el costo horario total asciende a \$ 12.17, **(ver tabla 76)**.

**Tabla 76.** Costo horario por mano de obra

Personal	Salario real hora (\$/h)	Número (\$/hora)	Costo horario (\$/hora)
Supervisor de mina	5.15	1	5.15
Ayudante	3.51	2	7.02
<b>Total</b>			<b>\$ 12.17</b>

Fuente: Contraloría del Ecuador

Elaboración: Autor

#### 6.9.2.1.4. Costo por materiales e insumos

El costo por materiales e insumos comprende la adquisición de herramientas menores del taller mecánico y de construcción, asimismo considera los insumos para el circuito de bombeo de la bomba centrífuga, **(ver tablas 77 y 78)**; en total suman \$ 1250.

**Tabla 77.** Costos de insumos del circuito de bombeo

Insumos	Precio Unitario (\$/u)	Cantidad (u)	Total (\$)
Manguera de 2" pulgadas (m)	3.5	100	350
Manguera de 3" pulgadas (m)	5	10	50
Filtros, codos, uniones, etc.	100	1	100
		<b>Total</b>	<b>\$ 500</b>

Elaboración: Autor

**Tabla 78.** Costos de herramientas de trabajo menor

Herramientas	Precio Unitario (\$/u)	Cantidad (u)	Total (\$)
Herramientas para el taller mecánico (Destornilladores, llaves, alicate, etc.)	500	1	500
Herramientas de construcción (Carretilla, palas, picos, etc.)	250	1	250
		<b>Total</b>	<b>\$ 750</b>

Elaboración: Autor

### 6.9.2.2. Costos indirectos

Los costos indirectos independientes de la producción se detallan a continuación.

#### 6.9.2.2.1. Costo por mano de obra indirecta

El costo por mano de obra indirecta que participará en el proyecto, suma un monto anual de \$ 2500, que comprende los rubros por servicios ocasionales al año, los cuales se detallan en la **(tabla 79)**.

**Tabla 79.** Coste anual de mano de obra indirecta

Personal	Valor Anual (\$)
Contador (medio tiempo) - Incluido honorarios	450
Guardia (medio tiempo) - Incluido honorarios	800
Ingeniero de minas (medio tiempo) - Incluido honorarios	650
Servicios varios (ocasional) - Incluido honorarios	600
<b>Total</b>	<b>\$ 2500</b>

Elaboración: Autor

#### 6.9.2.2.2. Costos por servicios básicos

Los costes anuales por servicios básicos en el campamento se estiman en \$ 664, (**ver tabla 80**).

**Tabla 80.** Coste anual de servicios básicos

Servicio	Valor anual
Luz, teléfono, internet	300
Artículos de aseo y limpieza	150
Servicios varios	250
Imprevistos 2%	14
<b>Total</b>	<b>\$ 664</b>

Elaboración: Autor

#### 6.9.2.2.3. Costos del seguimiento y control del plan de manejo ambiental

El costo por implementación del plan de manejo ambiental anual asciende a \$ 8295, (**ver anterior tabla 65**).

#### 6.9.2.2.4. Costos pre operacionales

Los costos indirectos que están relacionados con la etapa previa a la apertura del proyecto se detallan en la (**tabla 81**).

**Tabla 81.** Costos pre operacionales

Maquinaria	Detalle	Valor anual
Constitución la sociedad civil	Minuta de abogado, tramites notariales, movilización.	500
Contrato de servicios públicos	Servicio eléctrico de luz trifásica	300
Levantamiento topográfico	Topografía auxiliar, elaboración de planos, etc.	2000
Estudio de impacto ambiental	Identificación y evaluación de impactos	2000
Estudio geológico	Estratigrafía, mapa geológico a detalle	1200
Análisis y ensayos de laboratorio	Granulometría, abrasión, finos, etc.	800
Permisos y patentes	Municipio, ARCOM	500
Otros	Viáticos	200
	<b>Total</b>	<b>\$ 7500</b>

Elaboración: Autor

### 6.9.2.2.5. Costos por depreciación de activos

Los costes indirectos generados por la depreciación de ciertos activos ascienden a \$ 1714.9 al año, **(ver detalles tabla 82)**.

**Tabla 82.** Costo por depreciación de activos

Activo	Valor de compra (Vo) \$	Valor de residual (Vr) \$	Valor depreciable (Vd) \$ Vo-Vr	% de depreciación	Vida útil en años (Vm)	Depreciación anual (D) \$ Vd/Vm
Construcciones	47654.4	11913.6	35740.8	3	25	1429.6
Equipo de cómputo y afines	1560	156	1404	9	10	140.4
Muebles y enseres	1610	161	1449	9	10	144.9
<b>Total</b>						<b>\$ 1714.9</b>

Elaboración: Autor

## 6.9.3. Estado de fuentes y uso de fondos

### 6.9.3.1. Financiamiento y tabla de amortización

Dado a que la inversión de bienes fijos asciende a \$ 270724.4, el financiamiento lo realizarán los socios del proyecto mediante crédito bancario y capital propio, **(ver tabla 83)**. El crédito se destinará para la adquisición de la cargadora frontal SEM 956D y el equipo de cribado, monto que asciende a \$ 135900. El crédito se solicitará en el Banco del Estado a una tasa de interés por productos comerciales de 10.21%, con plazo a cinco años y pago de 10 cuotas semestrales.

**Tabla 83.** Financiamiento del proyecto

Financiamiento	Monto
Socios	134824.4
Crédito bancario	135900
<b>Total</b>	<b>\$ 270724.4</b>

Elaboración: Autor

La cuota fija del crédito se calculó con la siguiente formula.

$$M = S_0 \left[ \frac{i * (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right]$$

Donde:

**M**= cuota fija - ¿? \$.

$S_0$ = préstamo - \$ 135900.

$i$ = intereses - 10,21% anual = 5.105 % semestral

$n$ = numero de cuotas - 10 semestres = 5 años

$$M = 135900 \left[ \frac{0.051 * (1 + 0.051)^{10}}{(1 + 0.051)^{10} - 1} \right] = 17,689.53$$

La tabla de amortización del crédito se detalla en la **(tabla 84)**.

**Tabla 84.** Tabla de amortización del crédito

Año	Semestre	Interés	Cuota	Capital	Saldo
0	0	-	-	-	\$ 135,900.00
1	1	\$ 6,937.70	\$ 17,689.53	\$ 10,751.83	\$ 125,148.17
	2	\$ 6,388.81	\$ 17,689.53	\$ 11,300.71	\$ 113,847.46
2	3	\$ 5,811.91	\$ 17,689.53	\$ 11,877.61	\$ 101,969.84
	4	\$ 5,205.56	\$ 17,689.53	\$ 12,483.97	\$ 89,485.88
3	5	\$ 4,568.25	\$ 17,689.53	\$ 13,121.27	\$ 76,364.61
	6	\$ 3,898.41	\$ 17,689.53	\$ 13,791.11	\$ 62,573.49
4	7	\$ 3,194.38	\$ 17,689.53	\$ 14,495.15	\$ 48,078.34
	8	\$ 2,454.40	\$ 17,689.53	\$ 15,235.13	\$ 32,843.22
5	9	\$ 1,676.65	\$ 17,689.53	\$ 16,012.88	\$ 16,830.34
	10	\$ 859.19	\$ 17,689.53	\$ 15,971.15	\$ 0.00

Elaboración: Autor

### 6.9.3.2. Proyección de ventas e ingresos

Se realizó la proyección de ingresos con relación al precio por metro cubico de material pétreo cribado en el mercado local (8 \$/m<sup>3</sup>), y en proyección al crecimiento de la demanda de pétreos propuesta con base al crecimiento poblacional del cantón Macará (0.43%), obtenida de I.N.E.C 2018, **(ver tabla 85)**.

**Tabla 85.** Proyección de ingresos y ventas para los cinco primeros años

Año	Precio por m <sup>3</sup> de material pétreo	Proyección de demanda	Ingresos anuales
Año 1	\$ 8	15,000.00	\$ 120000.00
Año 2	\$ 8	15,064.50	\$ 120516.00
Año 3	\$ 8	15,129.28	\$ 121034.22
Año 4	\$ 8	15,194.33	\$ 121554.67
Año 5	\$ 8	15,259.67	\$122077.35

Elaboración: Autor

### 6.9.3.3. Proyección de costos

#### 6.9.3.3.1. Costos unitarios de producción

Para obtener el costo unitario de producción de un metro cubico de material pétreo, se sumó los costos unitarios involucrados en cada proceso, **(ver tabla 86 y tabla 87)**.

**Tabla 86.** Costo unitario por excavación y transporte de material

CÁLCULO DE COSTOS Y PRECIOS UNITARIOS					
TRABAJO A REALIZAR: Excavación y transporte de material				Unidad	\$/ m3
(1)	EQUIPO A UTILIZAR				Costo horario (\$/h)
1	Retroexcavadora CAT 420F (rendimiento 85.46 m3/h)				40.5
1	Volqueta Hino - 12m3 (rendimiento 75.34 m3/h)				54
				<b>Total (1)</b>	<b>94.50</b>
(2)	MANO DE OBRA	Cantidad	Salario (\$/h)		Costo horario (\$/h)
1	Ayudante	1	3.51		3.51
1	Supervisor de mina	0.5	5.15		2.58
				<b>Total (2)</b>	<b>6.09</b>
(3)	RENDIMIENTO DEL EQUIPO (m3/h)	75.34	(4) COSTO HORARIO TOTAL (\$/h): (1) + (2)		100.59
(5)	Costo unitario sin material ni transporte (\$/m3): (4)/(3)				1.34
(6)	Materiales	Unidad	Costo	Consumo	Costo unitario
				<b>Total (6)</b>	<b>0</b>

(7)	COSTO UNITARIO TOTAL	(5) + (6)	1.34
(8)	GASTOS GENERALES	(7) * 10%	0.13
(9)	SUBTOTAL	(7) + (8)	1.47
(10)	IMPREVISTOS	(9) * 5%	0.07
(11)	SUBTOTAL	(9) + (10)	1.54
(12)	Utilidades	N/A	
(13)	Precio Unitario (\$/m3)	(11) + (12)	<b>1.54</b>

Elaboración: Autor



**Tabla 87.** Costo unitario por cribado de material

CÁLCULO DE COSTOS Y PRECIOS UNITARIOS					
TRABAJO A REALIZAR: Cribado de material pétreo				Unidad	\$ / m3
<b>(1)</b>	<b>EQUIPO A UTILIZAR</b>				<b>Costo horario (\$/h)</b>
1	Cargadora Frontal SEM 956 D (rendimiento 91.5 m3/h)				47
1	Motor eléctrico				0.2
				<b>Total (1)</b>	<b>47.20</b>
<b>(2)</b>	<b>MANO DE OBRA</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Salario (\$/h)</b>	<b>Costo horario (\$/h)</b>	
1	Ayudante	1	3.51	3.51	
1	Supervisor de mina	0.5	5.15	2.58	
			<b>Total (2)</b>	<b>6.09</b>	
<b>(3)</b>	<b>RENDIMIENTO DEL EQUIPO (m3/h)</b>	<b>91.5</b>	<b>(4) COSTO HORARIO TOTAL (\$/h): (1) + (2)</b>		<b>53.29</b>
<b>(5)</b>	<b>Costo unitario sin material ni transporte (\$/m3): (4)/(3)</b>				<b>0.58</b>
<b>(6)</b>	<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Consumo</b>	<b>Costo unitario</b>
				<b>Total (6)</b>	<b>0</b>
<b>(7)</b>	<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>	(5) + (6)			0.58
<b>(8)</b>	<b>GASTOS GENERALES</b>	(7) * 10%			0.06
<b>(9)</b>	<b>SUBTOTAL</b>	(7) + (8)			0.64
<b>(10)</b>	<b>IMPREVISTOS</b>	(9) * 5%			0.03
<b>(11)</b>	<b>SUBTOTAL</b>	(9) + (10)			0.67
<b>(12)</b>	<b>Utilidades</b>	N/A			
<b>(13)</b>	<b>Precio Unitario (\$/m3)</b>	(11) + (12)			<b>0.67</b>

Elaboración: Autor

El costo unitario por metro cubico de material pétreo excavado, transportado, cribado, y almacenado “in situ” asciende a \$ 2.21 dólares, que, multiplicado por el volumen de producción anual, se obtiene el costo de producción del volumen anual.

$$\text{Costo de producción del volumen anual} = \text{Volumen anual} * \text{costo unitario de m3}$$

$$\text{Costo de producción del volumen anual} = 15000 \text{ m3} \times 2.21 \frac{\$}{\text{m3}} = 33150 \frac{\$}{\text{m3}}$$

### 6.9.3.3.2. Proyección de costos

A continuación, se detalla la proyección de los costos del proyecto a diez años, con base en los costos del primer año, (ver tabla 88) indicando que el pago de interés del crédito que finaliza para el quinto año.

**Tabla 88.** Proyección de costos

Detalle	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costo de producción del volumen anual de material pétreo	<b>33150</b>	33292.55	33435.7	33579.48	33723.87	33868.88	34014.52	34160.78	34307.67	34455.19
Costos indirectos (>3% anual)	<b>3164</b>	3195.64	3227.6	3259.88	3292.48	3325.4	3358.65	3392.24	3426.16	3460.42
Intereses del financiamiento	<b>13326.51</b>	11017.47	8466.66	5648.78	2535.84	0	0	0	0	0
Depreciación de activos (>7% anual)	<b>1714.9</b>	1834.94	1963.39	2100.83	2247.89	2405.24	2573.61	2753.76	2946.52	3152.78
Materiales e insumos (>3% anual)	<b>1250</b>	1262.5	1275.13	1287.88	1300.76	1313.77	1326.91	1340.18	1353.58	1367.12
Costos pre operacionales (solo primer año)	<b>7500</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seguimiento y control del plan de manejo ambiental (>2% anual)	<b>8295</b>	8377.95	8461.73	8546.35	8631.81	8718.13	8805.31	8893.36	8982.29	9072.11
<b>Costo Total</b>	<b>68400.41</b>	58981.05	56830.21	54423.2	51732.65	49631.42	50079	50540.32	51016.22	51507.62
<b>Producción Anual (&gt; 0,043% anual)</b>	<b>15000</b>	15,064.50	15,129.28	15,194.33	15,259.67	15,325.29	15,391.18	15,457.37	15,523.83	15,590.59
<b>Costo total por unidad producida</b>	<b>4.56</b>	<b>3.92</b>	<b>3.76</b>	<b>3.58</b>	<b>3.39</b>	<b>3.24</b>	<b>3.25</b>	<b>3.27</b>	<b>3.29</b>	<b>3.30</b>

Elaboración: Autor

### 6.9.3.4. Flujo de caja

El flujo de la caja correspondiente a los ingresos y egresos del proyecto para un periodo de diez años, se detalla en la **(tabla 89)**.

**Tabla 89.** Flujo neto de caja

FLUJO DE CAJA PARA DIEZ AÑOS										
Detalle	Año1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ventas	120,000.00	120,516.00	121,034.22	121,554.67	122,077.35	122,602.28	123,129.47	123,658.93	124,190.66	124,724.68
<b>Total de ingresos</b>	120,000.00	120,516.00	121,034.22	121,554.67	122,077.35	122,602.28	123,129.47	123,658.93	124,190.66	124,724.68
Pago de cuota fija sin intereses	22,052.54	24,361.58	26,912.38	29,730.28	31,984.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Costo Totales	68,400.41	58,981.05	56,830.21	54,423.20	51,732.65	49,631.42	50,079.00	50,540.32	51,016.22	51,507.62
<b>Total de egresos</b>	90,452.95	83,342.63	83,742.59	84,153.48	83,716.68	49,631.42	50,079.00	50,540.32	51,016.22	51,507.62
<b>Utilidad Neta</b>	<b>29,547.05</b>	<b>37,173.37</b>	<b>37,291.62</b>	<b>37,401.19</b>	<b>38,360.67</b>	<b>72,970.86</b>	<b>73,050.47</b>	<b>73,118.61</b>	<b>73,174.44</b>	<b>73,217.06</b>

Elaboración: Autor

### 6.9.4. Viabilidad económica del proyecto

Sobre la base del flujo neto de caja, se determinó los indicadores financieros V.A.N y T.I.R respecto a la inversión total del proyecto que suma \$ 270724.4, **(ver tabla 90).**

**Tabla 90.** Inversión inicial y flujos de caja para cinco años

Inversión Inicial	Flujo año 1	Flujo año 2	Flujo año 3	Flujo año 4	Flujo año 5
-270724.4	29,547.05	37,173.37	37,291.62	37,401.19	38,360.67
	Flujo año 6	Flujo año 7	Flujo año 8	Flujo año 9	Flujo año 10
	72,970.86	73,050.47	73,118.61	73,174.44	73,217.06

Elaboración: Autor

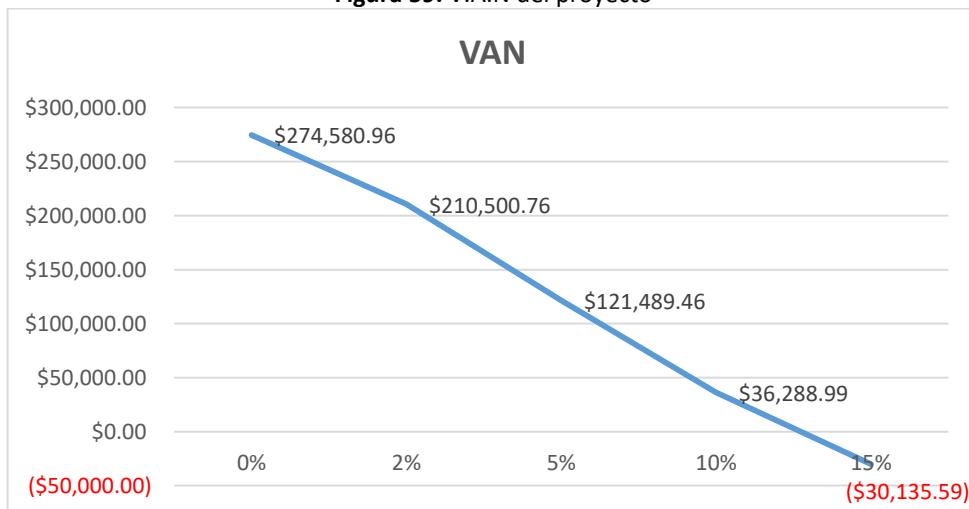
Actualizando el V.A.N y el T.I.R frente a diferentes tasas de interés del 2%, 5%, 10%, y 15%, se concluye que el proyecto es rentable a un costo de oportunidad por debajo de una tasa de interés del 12.51%, **(ver tabla 91 y figura 59).**

**Tabla 91.** Valores del V.A.N y T.I.R frente a diferentes tasas de interés

Interés	0%	2%	5%	10%	15%
<b>V.A.N</b>	\$ 274,580.96	\$ 210,500.76	\$ 121,489.46	\$ 36,288.99	<b>\$ - 30,135.59</b>
<b>T.I.R</b>	12.51%	12.51%	12.51%	12.51%	12.51%
<b>Resultado</b>	<b>Rentable</b>	<b>Rentable</b>	<b>Rentable</b>	<b>Rentable</b>	<b>No Rentable</b>

Elaboración: Autor

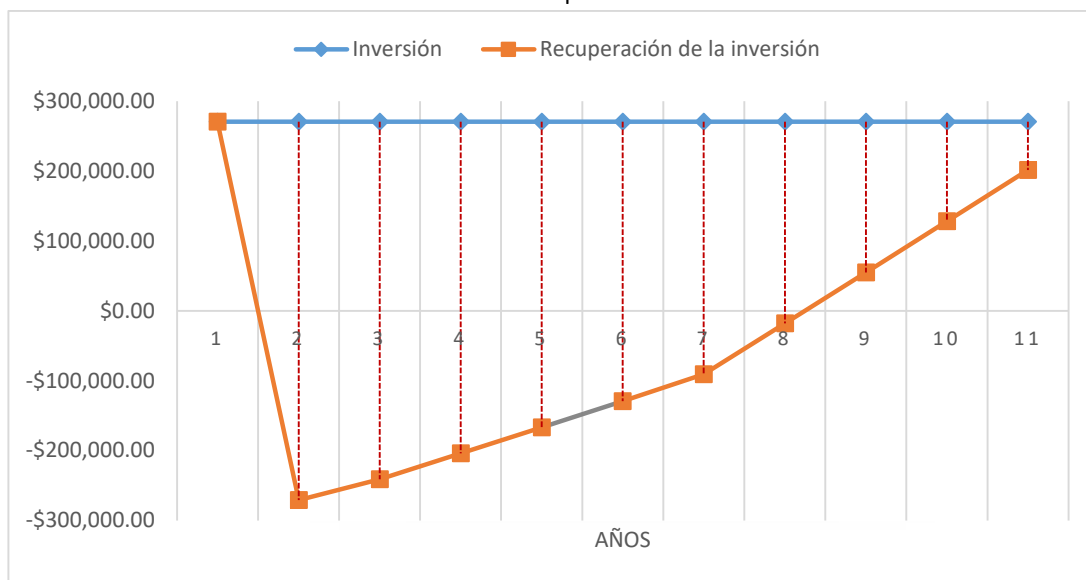
**Figura 59.** V.A.N del proyecto



Elaboración: Autor

En cuanto al periodo de retorno de la inversión (\$ - 270724.4), el flujo neto de caja acumulado indica que esta se recupera a inicios del octavo año (*ver figura 92*).

**Tabla 92.** Periodo de recuperación de la inversión



Elaboración: Autor

## 7. DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación que son tema de mayor de discusión, se comparan a continuación con la información técnica disponible de otros autores.

Respecto a la topografía; la carta topográfica “Macará” a escala 1:100.000 Cód. CT-NVII-C elaborada por el Instituto Geográfico Militar (1897), y el Modelo de Elevación Digital del Ecuador (2010) polígono “NVII-C1a-D1”, señalan que el área de estudio presenta cotas que van desde los 360 a los 400 m.s.n.m. Dicha información se corrobora con los resultados del levantamiento topográfico a detalle, que indica un relieve con cotas de 370 a 378 m.s.n.m.

Entorno a la geología local; el Mapa Geológico Binacional “Región Norte del Perú y Sur del Ecuador” a escala 1: 500,000 y el Proyecto Multinacional Andino “Geología de Ecuador y Perú, entre 3°S y 6°S” correspondientes a INGEMENT y DINAGE, realizados en abril del 2005; señalan que la zona de estudio está conformada por el Volcánico La Bocana – miembro inferior, de composición andesítico – dacítico; información que se corrobora con los resultados de la geología local, indicando afloramientos de la misma composición. No obstante, en el mapa geológico binacional no indica la ubicación de los depósitos sedimentarios del área de estudio debido a la escala cartográfica del mapa.

Sobre la cubicación de reservas; Ángel Tamayo (2016) en su trabajo de titulación realiza dentro de sus objetivos la estimación volumétrica de un depósito aluvial ubicado en el sector Chinguilamaca, en el que, dado a la estructura plana, superficial, y regular del depósito, aplica con éxito una relación volumétrica simple, entre la superficie obtenida por levantamiento topográfico, y la profundidad media calculada por apertura de calicatas. Del mismo modo, en la presente investigación se realiza la misma relación volumétrica de acuerdo a los mismos parámetros del depósito aluvial. Si bien, esta metodología puede considerarse “simplista”, es pertinente para la cubicación de depósitos lenticulares, ya que la certidumbre de los resultados aumenta, si el polígono general se estudia con más apertura de calicatas para interpolar los resultados. En el caso del depósito aluvial La Cruz se excavaron tres calicatas en un polígono semi-regular

Respecto a los resultados del levantamiento batimétrico; el aforo registrado en la estación hidrométrica “Puente Internacional”, señala un caudal de 24.7 m<sup>3</sup>/s para el día del levantamiento en campo (20/12/17), que comparado con la media de los caudales

obtenidos de cada una de las secciones transversales (26.88 m<sup>3</sup>/s., 28.67 m<sup>3</sup>/s., y 23.26 m<sup>3</sup>/s), revela que existe un margen de incertidumbre de 6.3% con relación al resultado de la investigación; margen que se considera como satisfactorio, y que da veracidad al levantamiento batimétrico y al estudio hidráulico del tramo local.

En cuanto al método de explotación; Fernanda León (2017) en su trabajo de titulación, realiza el diseño de explotación de los materiales pétreos de una llanura aluvial del río Jubones, afluente que se caracteriza por presentar similares condiciones a las del río Macará, como: un caudal de estiaje de 26.3 m<sup>3</sup>/s, y una profundidad media 1.50 metros a lo largo de un tramo de 900 metros. La autora propone sobre la base de la topografía, geología, geomorfología, y batimetría del área de estudio, el método de explotación mediante noques o tajos paralelos al río, similar al que se plantea en la presente investigación. No obstante, el dimensionamiento de los noques lo realiza principalmente en base a las características de la maquinaria que dispone el titular minero, con una profundidad de excavación que excede la línea del thalweg, lo cual, difiere con el diseño de los noques de la presente investigación, que se limitan la profundidad por encima de la profundidad máxima del cauce, para evitar la migración lateral del río y reducir la erosión remontante. A pesar de las diferencias, queda demostrado que la aplicación del método es estudiada y generalmente aplicada para la explotación de pétreos en depósitos lenticulares.

En torno a los resultados de la evaluación ex ante de impactos; Fabián Berrú & Yadira Jiménez (2013) en su trabajo de titulación realizan la evaluación de impactos de la extracción de materiales pétreos de la quebrada Pachicutza en la fase de operación, concluyendo que el componente más afectado por la actividad minera es el aire por la generación de gases, polvo, y ruido; y que el único componente afectado de manera positiva es el socioeconómico por la generación de empleo. Estos resultados comparados con los obtenidos en la evaluación ex ante de la presente investigación, resalta en común la repercusión negativa que tendría el componente aire, y como positiva la afectación del componente socioeconómico por las mismas afectaciones. Lo que indicaría que las explotaciones de material pétreo en general, tiene una repercusión muy particular en los mencionados componentes ambientales.

## 6. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de la presente investigación que tuvo como meta diseñar el sistema de explotación de los agregados pétreos del depósito aluvial La Cruz, se ha encontrado las siguientes conclusiones:

- El levantamiento topográfico permitió reflejar las características del terreno a detalle mediante la generación de las curvas de nivel y modelos digitales de terreno, que fueron imprescindibles para la cubicación de reservas, y confección de mapas y planos del área de estudio.
- El mapeo de afloramientos permitió interpolar las exposiciones de las riberas y del lecho para identificar la geología local del proyecto, señalando que el depósito aluvial La Cruz descansa discordantemente sobre el Volcánico La Bocana miembro inferior, constituido por andesitas y dacitas que afloran a menudo en medio y a orillas del cauce, condicionando la oscilación del cauce, la socavación del lecho y la estabilidad lateral.
- La identificación de rocas de “modo de visu” permitió aclarar la litología de los detritos aluviales respecto a su textura y estructura, señalando una naturaleza volcánica e intrusiva. Los detritos más comunes son: andesitas, basaltos, dacitas, brechas volcánicas, gabros, y granodioritas.
- El mapeo de macro formas sedimentarias permitió identificar y delimitar las zonas de agradación del río más importantes para la explotación de material pétreo. Entre las más importantes consta: la barra lateral N°2 y el lecho mayor del canal principal.
- La apertura de calicatas permitió determinar la profundidad media del depósito aluvial, identificar la distribución granulométrica vertical, y obtener muestras para los ensayos de calidad. Por lo que su aplicación en el trabajo resultó imprescindible.
- Los ensayos y análisis de laboratorio permitieron demostrar la calidad de los agregados pétreos para su uso en la construcción, encontrándose dentro de los rangos establecidos por las normas INEN, y normas internacionales A.S.T.M
- La cubicación de material pétreo, y la estimación del gasto sólido, permitieron determinar las reservas aprovechables del depósito aluvial, que alcanzan los



80,863 m<sup>3</sup>, y que dicho volumen representa tan solo el 2.53% del gasto sólido anual del río Macará, por lo cual es un volumen ambientalmente explotable.

- El estudio hidrológico, geomorfológico y el levantamiento batimétrico, permitieron dilucidar: los meses de estiaje e inundación del río, la capacidad de transporte líquido, los niveles de inundación, el comportamiento de grandes avenidas, y las áreas más inestables por erosión lateral; información que consolidó el criterio para la selección del método de explotación y planificación de las labores mineras.
- La estimación del volumen de producción anual del cantón Macará, permitió fijar el volumen producción anual del proyecto y determinar los productos a comercializar; parámetros que a su vez sirvieron para: dimensionar las obras del proyecto, definir las labores mineras, establecer el plan de producción anual, y estimar el número de la maquinaria de explotación.
- El análisis Multicriterio permitió seleccionar el método de explotación más idóneo para ejecutar la explotación del depósito aluvial La Cruz, considerando cada una de sus ventajas y desventajas técnicas, económicas y ambientales; concluyendo que el método que mejor conviene al proyecto es el de “Extracción paralela con retroexcavador” por su adaptabilidad a las condiciones del medio, y rentabilidad frente a los costos de implementación y operación.
- El método de explotación permitió seleccionar el tipo de maquinaria, diseñar los tajos de excavación, describir las labores de explotación, y proponer del ciclo de producción, acorde a las características del depósito fluvial.
- La planificación del método de explotación concluyó, en que la excavación se realizará mediante tajos lineales laterales al río a un solo banco, en los lugares de agradación identificados, acorde a la geometría del cauce, con una profundidad de excavación por encima a la línea del thalweg, conservando las zonas de amortiguación y laborando durante los meses de estiaje.
- La evaluación ex ante de impactos del proyecto en relación al dictamen ambiental, señalan que el impacto total del proyecto pertenece al rango de Compatible.
- El estudio económico justificó la viabilidad del proyecto para llevarlo a la práctica.

## 7. RECOMENDACIONES

La presente investigación finaliza con las siguientes recomendaciones:

- ✓ Desarrollar el proyecto conforme al diseño propuesto, ya que este se acoge estrechamente a los parámetros expuestos, demostrando su viabilidad técnica, ambiental y económica.
- ✓ Actualizar anualmente la topografía del depósito aluvial debido a su naturaleza cambiante, para realizar el análisis comparativo de los cambios geomorfológicos que puedan originarse por la dinámica fluvial y extracción de material.
- ✓ Cumplir con todas las medidas que contempla el Plan de Manejo Ambiental desde la fase de instalación, con el objeto de prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir los impactos ambientales negativos a generarse por la actividad, que han sido identificados en la evaluación ex ante de proyecto.
- ✓ Proyectar el volumen límite de explotación para los años de bajo flujo, en donde el transporte y la reposición de grava no pueden reemplazar la extracción del año anterior.
- ✓ Estudiar la posibilidad de implementar una planta de trituración, para procesar los bloques (>256 mm) considerados como estériles, y ofertar productos comerciables según el tamaño requerido.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Internacional de Cooperación de Japón. (2006). Proyecto de construcción del nuevo Puente Internacional de Macará. Macará.
- Alvarado-Villalón, F., & Harrison, D. &. (2003). Alluvial mining of aggregates in Costa. Keyworth: British Geological Survey Comissioned.
- Arche, A. (2010). Sedimentología, del proceso físico a la cuenca. Madrid: Consejo superior de investigaciones científicas.
- Bach, J., Brusi, D., Domingo, M., & Obrador, A. (1988). Propuesta de una metodología y jerarquización de las observaciones del trabajo de campo en geología. Henares Revista Geológica, 319-325.
- Bach, J., Zarroca, M., Estrada, M., & Poch, J. (2012). Iniciación a la indetificación de las rocas. Huelva: Universidad de Huelva.
- Basile, P. A. (2018). Trasnporte de sedimentos y mofodinamica de rios fluviales. Rosario: Universidad Nacional de Rosario.
- Berrú Chimbo, D. F., & Jimenéz Valladares, T. Y. (2013). Impactos ambientales para la extracción de materiales pétreos en la quebrada Pachicutza, cantón el Pangui, provincia de Zamora Chinchipe. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Blázquez, L. B. (2000). Manual de carreteras. Alicante: Enrique Ortiz e Hijos, Contrastista de Obras, S.A.
- Caterpillar. (2009). Manual de rendimiento caterpillar. Peoria, Illinois: Caterpillar.
- Chiriboga, M., Pillasagua, J., & Santos, E. (2010). Rendimiento de equipo pesado para la explotacion de una cantera de cielo abierto. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Conceptos técnicos del Real Decreto 11131 (Dirección del Medio Ambiente de España 30 de Septiembre de 1988).
- Cruzart, A. (2008). Carguio y transporte. La Serena: Universidad de la Serena.
- Department of Irrigation and Drainage. (2009). River sand mining management. Kuala Lumpur.
- ECOCARBON. (1995). Sistemas de clasificación de Recursos y Reservas de Carbón. Bogota: Ministerio de Minas y Energías de Colombia.
- Edward J. Tarbuck, & Frederick K. Lutgens. (2005). Ciencias de la tierra: una introducción a la geología física (Vol. Octava). Pearson Educación.

- Egüez, A. y. (2001). La Cuenca Alamor-Lancones en el Contexto Geodinámico de los Andes de Huancabamba, SW Ecuador. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Espinoza Ayala, M. J. (2015). HC-1510.1 - Estudio de bifurcaciones en ríos. Jiutepec: IMTA - SEMARNAT.
- GAD MACARÁ. (2017). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Canton Macará 2017. Macará.
- García, J. H., Ollero, A., & Pérez, A. (2015). Clasificación morfodinámica en geomorfología fluvial y su aplicación a la restauración de ríos. Chile: ResearchGate.
- Hernández Páez, G. H., & Sánchez Rincón, D. C. (2015). Modelo financiero de evaluación de alternativas de compra y alquiler de maquinaria pesada para el desarrollo de obras civiles. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Herrera Herbert, J., & Ortiz de Urbina, F. (2006). Métodos de minería a cielo abierto. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Hidalgo, L. (2017). Guía práctica para aforar en canales y cauces naturales, utilizando instrumentación básica y de bajo costo. Escuela Politécnica Nacional.
- INGEMMET. (2006). Estudio Geoambiental de la Cuenca del río Chira-Catamayo / Boletín N° 31. Lima: INGEMMET.
- INGEMMET. (2011). Síntesis geoeconómica de la región Piura. Lima.
- INGEMMET. (2012). Boletín N° 146- Geología del Cuadrángulo de Las Lomas (10-C). Piura.
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España. (1991). Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto. Madrid: Instituto Tecnológico GeoMinero de España.
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España. (1991). Manual de evaluación técnico-económica de proyectos mineros de inversión. Madrid: Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.
- Jiménez, G. (2007). Topografía para ingenieros civiles. Armenia - Colombia: Universidad de Quindío.
- Kondolf, M. (1997). Effects of Dams and Gravel Mining on River Channels. Springer.
- Lagasse, P. S. (2001). Stream Stability at Highway Structures. Washington, D.C: U.S Department of transportation.
- Lane, E. W. (1955). The importance of fluvial morphology in hydraulic engineering.

- Langer , W. (2003). A General Overview of the Technology of In-Stream Mining of Sand and Gravel Resources, Associated Potential Environmental Impacts, and Methods to Control Potential Impacts. U.S. Geological Survey.
- Langer, W. (2001). Environmental impacts of mining natural aggregate. U.S. Geological Survey.
- Langer, W. H., & Knepper, D. H. (1995). Geologic Characterization of natural agregate. Denver: U. S. Geological Survey.
- León Ortiz, F. M. (2017). Diseño de explotación para materiales pétreos en el río Jubones de la concesión minera Sánchez. Cuenca: Universidad del Azuay.
- León Ortiz, M. (2017). Diseño de explotación para materiales pétreos en el río Jubones de la concesión minera Sánchez. Cuenca: Universidad del Azuay.
- López Alonso, R. (2005). Características hidráulicas y geomorfológicas de ríos de montaña. Cimbra, 31.
- López, L. G. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia.
- Lorenzo, C. D., Maceín, J., Mancebo, J., & Novillo, D. (2012). Elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación en el ARPSI 02 Alto Ebro a su paso por el municipio de Frías y elaboración del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación. Escuela de organización industrial.
- M. R. Smith, & L. Collis. (1994). Áridos naturales y de machaqueo para la construcción (2 ed.). (M. R. L. Suárez, Trad.) Madrid, España: Colegio Oficial de Geólogos de España.
- Makaske, B. (2001). Anastomosing Rivers: a review of their classification, origin and sedimentary products. Utrecht: Earth-Science Reviews vol. 53 pág. 149-196.
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (20014). Diagnóstico de las condiciones técnicas minero ambientales mediante las cuales se adelanta la explotación de materiales pétreos en lecho de río en Colombia. Colombia: Ministerio de Minas y energía de Colombia.
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2013). Explotación de materiales de construcción: canteras y material de arrastre. Bogota: Grafimpresos.
- Ministerio de Recursos Naturales de Ecuador. (07 de 09 de 07/09/2012). Reglamento especial para explotación de materiales áridos y pétreos en el Ecuador.
- Mojica Villamizar, R., & Manrique Alfonso, J. (2009). Diques Transversales: Método de explotación minero-abiental. Boyacá: UTPC.

- P.F. Lagasse, L.W. Zevenbergen, W.J. Spitz, L.A. Arneson. (2012). Stream Stability at Highway Structures - Fourth Edition. Fort Collins: U.S. Department of Transportation.
- Pozo, M., Gonzales, J., & Giner, J. (2004). Geología práctica - Introducción al reconocimiento de materiales y análisis de mapas. Madrid: Pearson Educacion.
- Quesada Rodriguez, E. (2015). Métodos de cálculo de volumen en modelos de bloques utilizando dominios geométricos. Santiago de Cuba: ResearchGate.
- Ramírez, C. A., Bocanegra, R., Santacruz, S., Quintero, H., & Sandoval, M. (2011). Metodología para estimar los volúmenes máximos de explotación de materiales de arrastre en un río. Calí: ResearchGate.
- Rivera Mantilla, H. (2001). Geología General. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Rivero, J. L. (2008). Manual Técnico de Construcción. Ciudad de México: Fernando Porrúa.
- Rocha Felices, A. (1998). Introducción a la hidráulica fluvial. Lima: Universidad Nacional de Lima.
- Rojas Caballero, D., & Paredes Ángeles, J. (2008). Compendio de Geología General. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Rossiter, D. (2000). Metodologías para el levantamiento del recurso suelo. Soil Science Division, ITC.
- Sanchez, J. G. (2002). Manual de Ingeniería de Ríos; Capítulo 11. Morfología de ríos. México: Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Schumm. (1985). Patterns of alluvial rivers. Earth Planet.
- SIEMCALSA. (2008). Los áridos en Castilla y León. Valladolid: Domènech S.A.
- Slingerland, R., & Smith, N. D. (1998). Necessary conditions for a meandering-river avulsion. Geology.
- Tamayo Jaramillo, Á. E. (2016). Optimización del Sistema de Explotación para la Extracción de Materiales Áridos y Pétreos del Área Minera “Junior Acumulada Código 600524”, Ubicada en el Sector Chinguilamaca, Parroquia Malacatos, Cantón Loja. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2009). Guía de gestión ambiental para la minería no metálica. San José: Unicornio.

- Universidad Técnica Particular de Loja. (2012). Memoria Técnica del proyecto "Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1:2500" - Subcomponente "Geomorfología del Canton Macará". Macará: SENPLADES.
- Vadillo Fernández, L. (1994). Guía de restauración de graveras. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Vargas, G. (2012). Geología, geomorfología y dinámica fluvial aplicada a hidráulica de ríos. XX Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología.
- Viladevall, D. M. (2004). Prospección de placeres de oro y otros minerales densos . Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Villota, H. (1991). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de la tierra. Bogotá: Instituto Geográfico "Augustin Codazzi"- Sección de docencia e investigación.

# **ANEXO 1**

MODELO DE FICHA DE DESCRIPCIÓN DE  
AFLORAMIENTOS



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
Proyecto						
Nº / Código		Fecha				
Registro Fotográfico						
Descripción						
Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Dirección hacia el río
Fm. Geológica						
Reconocimiento de "visu" de roca						
Grado de meteorización ISRM (1981)						
Resistencia (Waltham,1994)						
Estructura (Hoek & Brown)						

# **ANEXO 2**

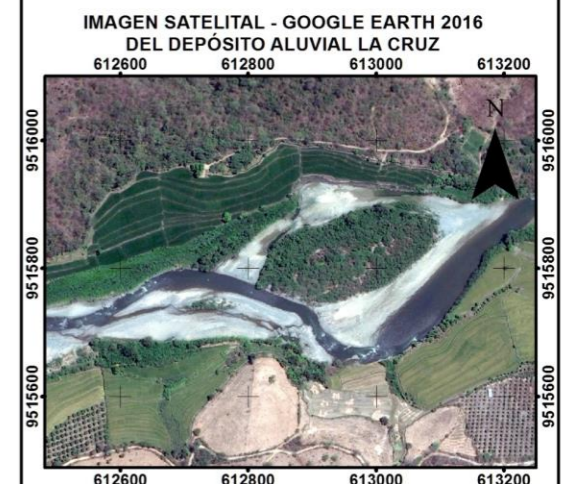
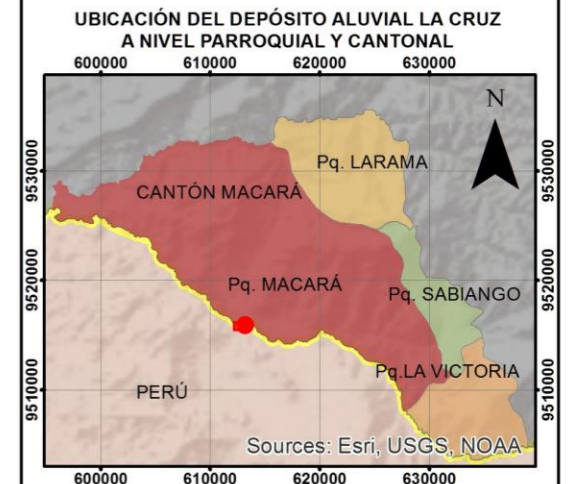
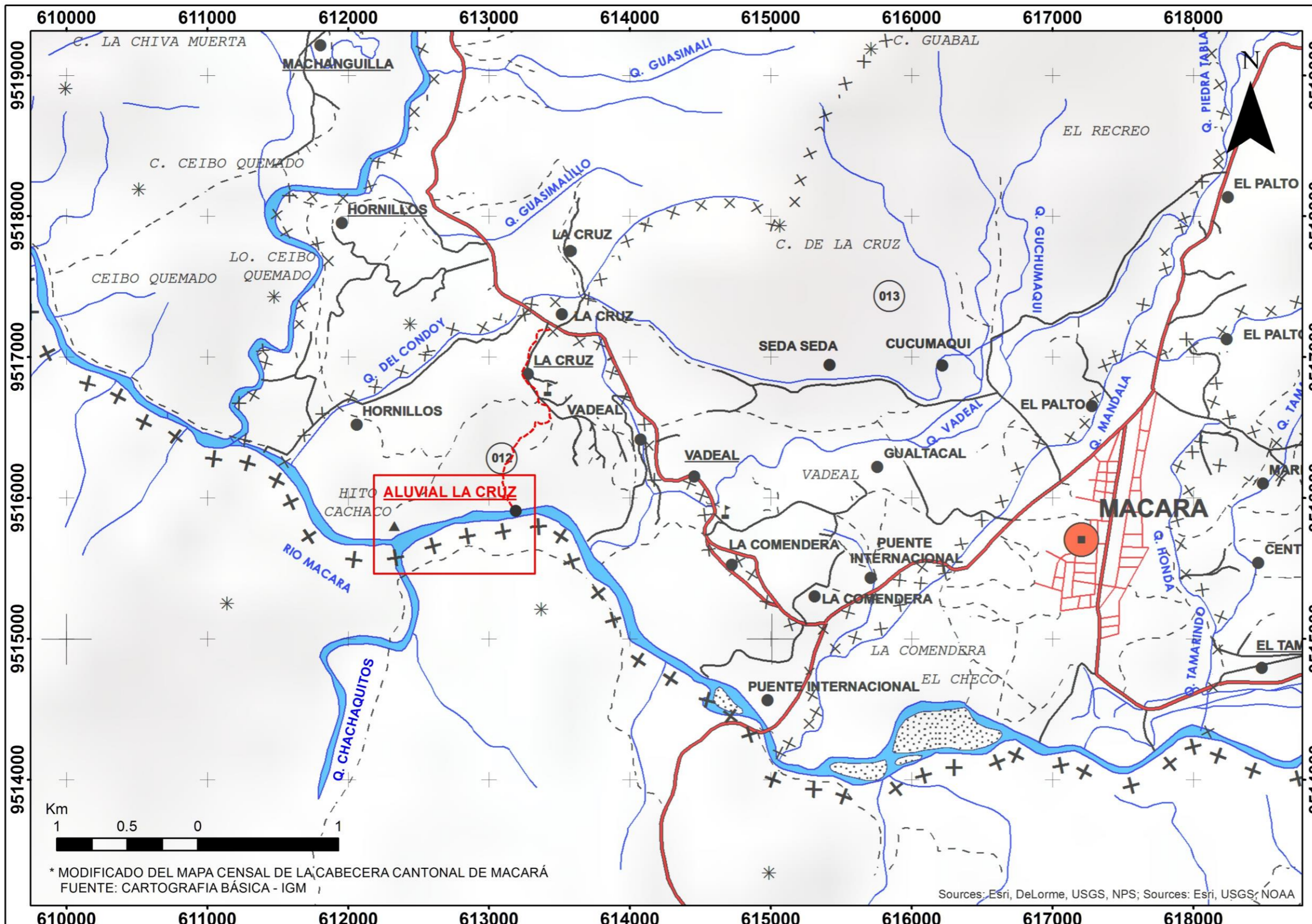
**MODELO DE FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS**

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS					
Proyecto				Fecha	
Nº Calicata				Dimensiones de la excavación L/A/P	
Coordenadas	X	Y	Z	Profundidad Nivel Freático	
Registro Fotográfico			Descripción de estratos		
			Estrato 1		
			Estrato 2		
			Estrato 3		
Ubicación referencial					

# **ANEXO 3**

MAPA DE UBICACIÓN

# UBICACIÓN DEL DEPÓSITO ALUVIAL LA CRUZ



Sistema de Coordenadas  
WGS\_84 UTM zone 17S  
Proyección: Transverse Mercator  
Datum: D\_WGS\_84

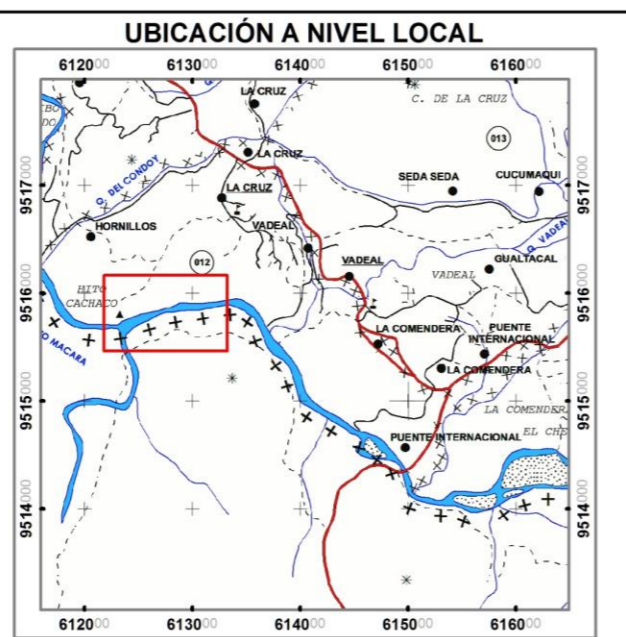
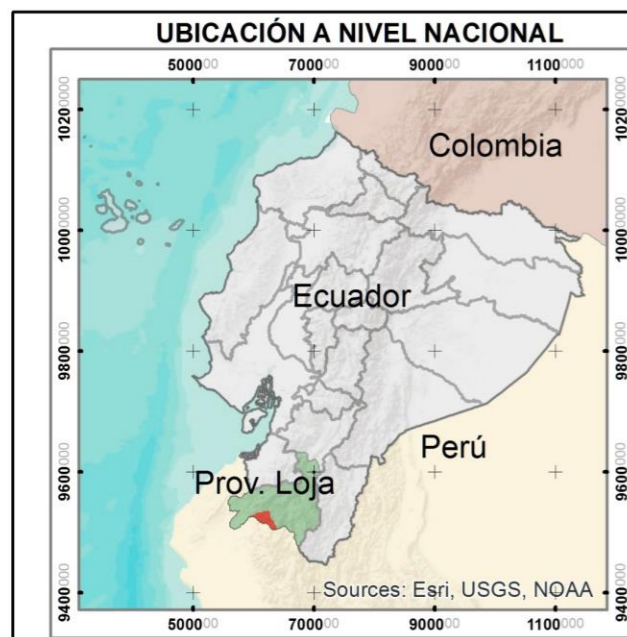
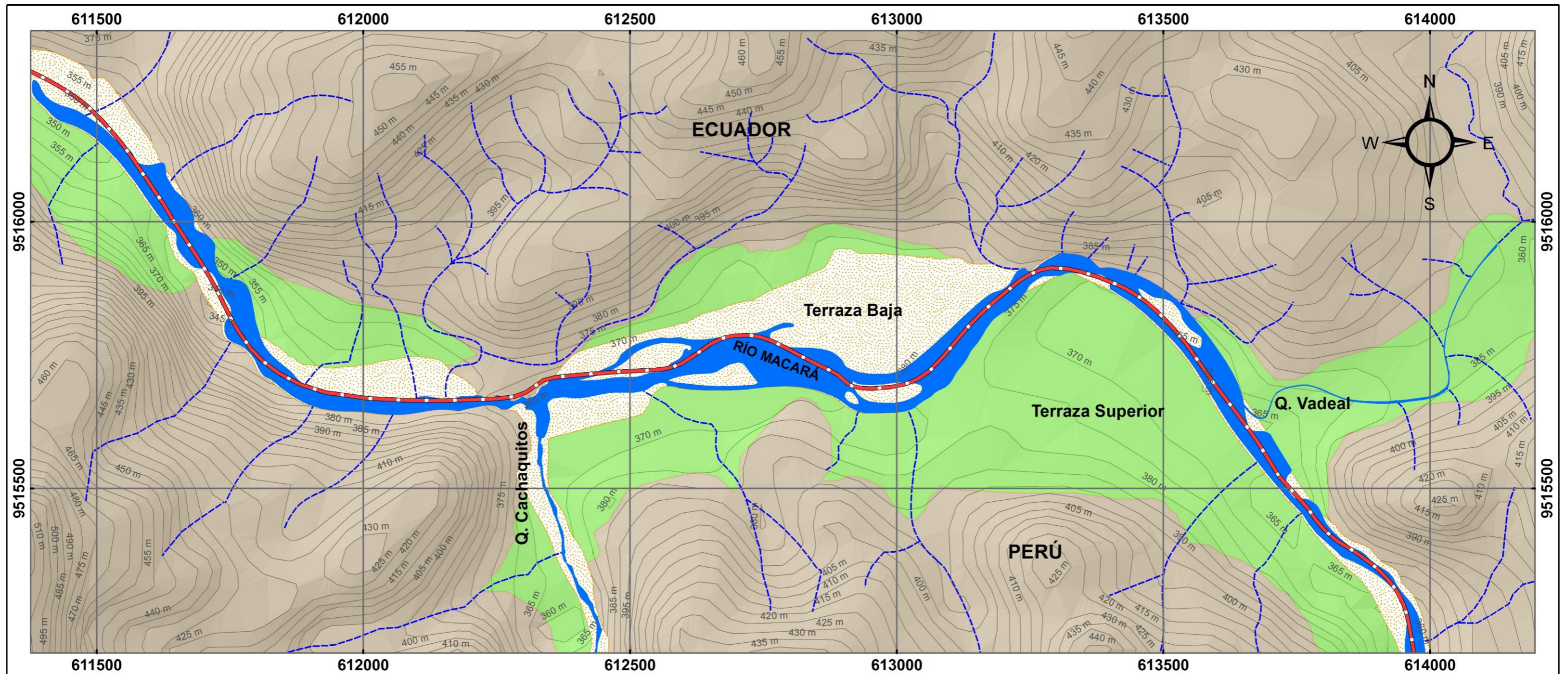
SIMBOLOGÍA					
+++	LÍMITE INTERNACIONAL	—	CARRETERA	✈	AEROPUERTO / PISTA DE ATERRIZ
+ - +	LÍMITE PROVINCIAL	—	CALLE	⛪	CENTRO EDUCACIONAL
- · -	LÍMITE CANTONAL	—	CAMINO DE VERANO/HERRADUR	⛪	TEMPLO RELIGIOSO
- · -	LÍMITE PARROQUIAL	—	SENDERO	⛪	CENTRO DE SALUD / HOSPITAL / CENTRO MÉDICO
x x x	LÍMITE DE CAB. PARROQUIAL, CIUDADES: CAB. CANTONAL, CAPITAL PROVINCIAL Y SECTOR RURAL	—	LÍNEA FÉRREA	⛪	CEMENTERIO / CAMPOSANTO
		●—●	OLEODUCTO / POLIDUCTO	⛪	PUENTE / VIADUCTO / PASO ELEVADO
		+	CUMBRE	⛪	MINAS
		+		⛪	HITOS
		+		⛪	INSTALACIONES PETROLÍFERAS
		+		⛪	TORRE DE COMUNICACION
		+		⛪	LOCALIDAD
		+		⛪	CABECERA PARROQUIAL
		+		⛪	CIUDAD CABECERA CANTONAL

TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL			
TEMA	DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DEL DEPÓSITO ALUVIAL DEL RÍO MACARÁ UBICADO EN EL SECTOR "LA CRUZ", PERTENECIENTE AL CANTÓN MACARÁ, PROVINCIA DE LOJA.		
Director	Ing. Stalin Paladines		
Tesista	Jorge Espinosa R.		
Fecha	25 de Octubre del 2017	Escala	1:30.000

# **ANEXO 4**

MAPA HIDROGRÁFICO

# RED HÍDRICA DEL DEPÓSITO ALUVIAL LA CRUZ



**Sistema de Coordenadas**  
**WGS\_84 UTM zone 17S**  
 \* Elaborado sobre la base del Modelo de Elevación Digital del Terreno "Aster GDEM v2 Worldwide Elevation Data" (1 arc-second resolution)

SIMBOLOGÍA	LEYENDA
	Línea de frontera
	Red de drenaje
	Curvas de nivel (5 m)
	Relieve colinado medio
	Terraza media
	Terraza baja y cauce actual
	Cuerpos de Agua



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

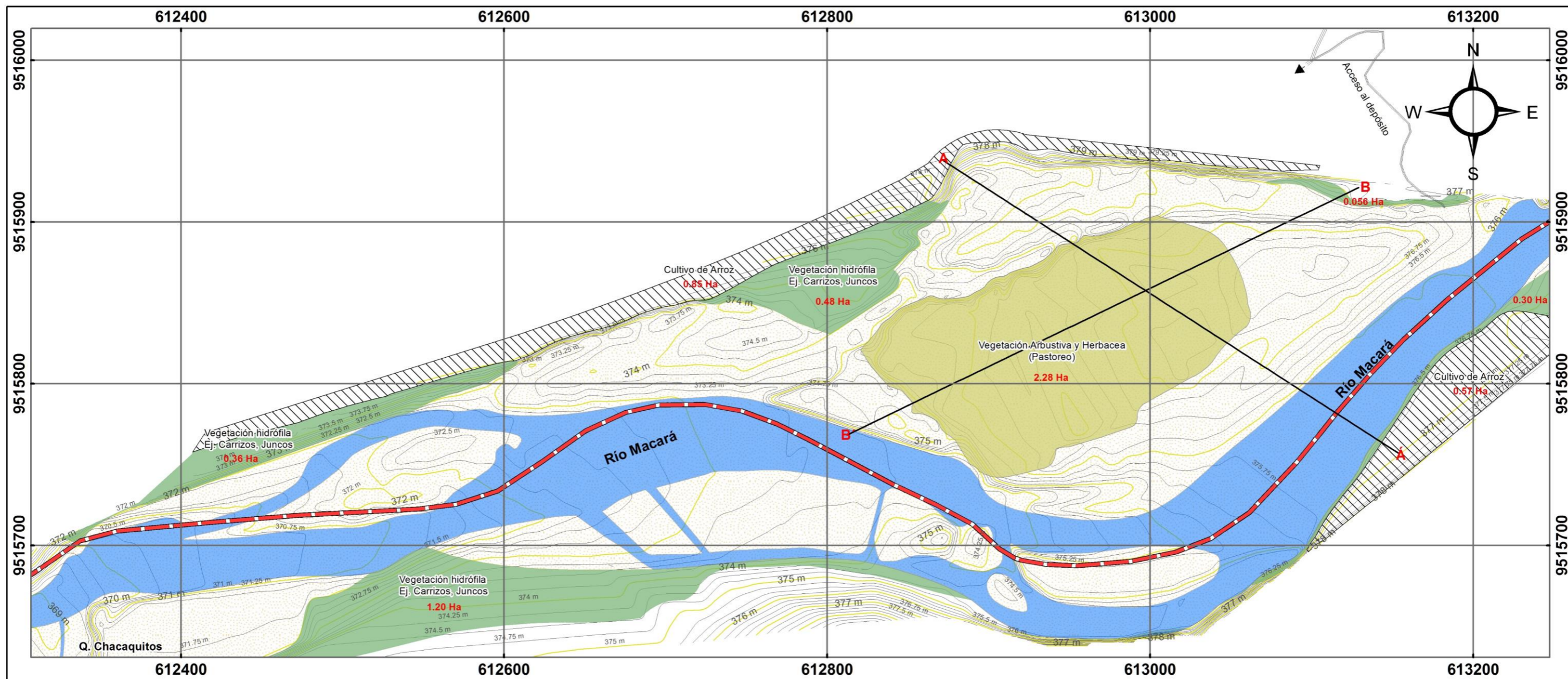
TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL			
<b>TEMA</b>	DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE LOS AGREGADOS PÉTRICOS DEL DEPÓSITO ALUVIAL DEL RÍO MACARÁ UBICADO EN EL SECTOR "LA CRUZ", PERTENECIENTE AL CANTÓN MACARÁ, PROVINCIA DE LOJA.		
<b>Director</b>	Ing. Stalin Paladines		
<b>Tesista</b>	Jorge Espinosa R.		
<b>Fecha</b>	25 Octubre del 2017	<b>Escala</b>	1:7.500

# **ANEXO 5**

MAPA TOPOGRÁFICO

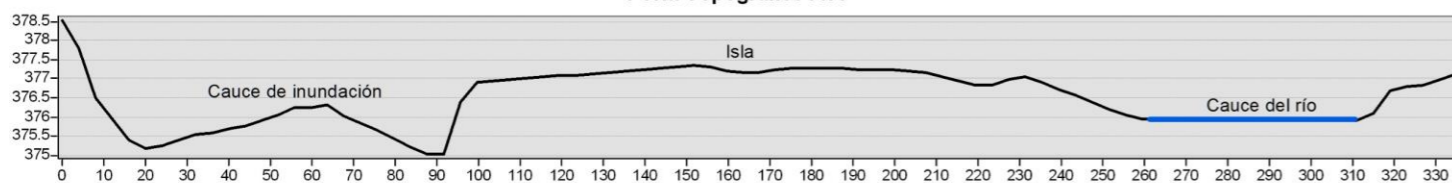


# TOPOGRAFÍA DEL DEPÓSITO ALUVIAL LA CRUZ

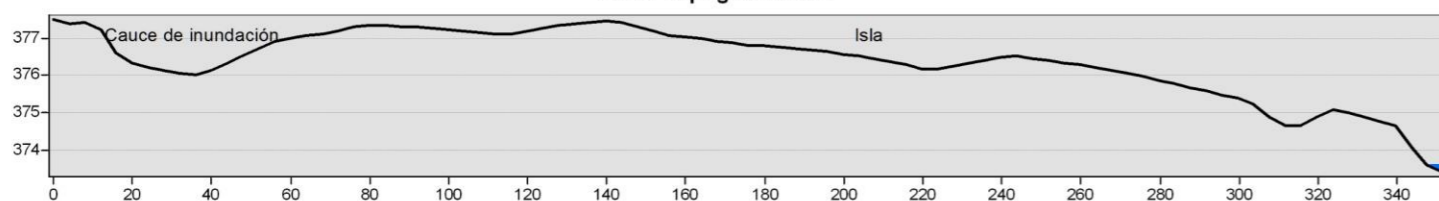


## PERFILES TOPOGRÁFICOS

Perfil Topográfico A-A'



Perfil Topográfico B-B'



Meters  
100 50 0 100

Sistema de Coordenadas  
WGS\_84 UTM zone 17S

### SIMBOLOGÍA

- Vías de tercer orden
- Línea de frontera
- Curvas de nivel (0.25 m)
- Curvas de nivel (1 m)

### LEYENDA

- Cultivo de arroz
- Carrizal
- Vegetación arbustiva
- Llanura de inundación
- Cauce río Macará



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL  
Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

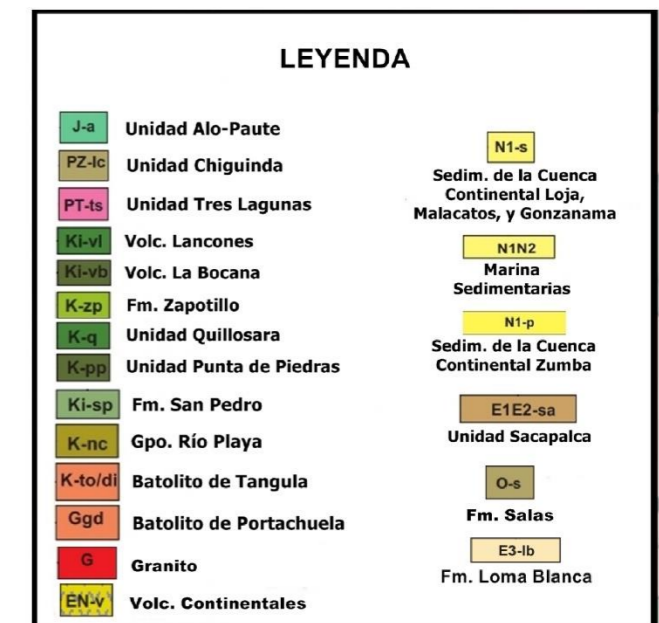
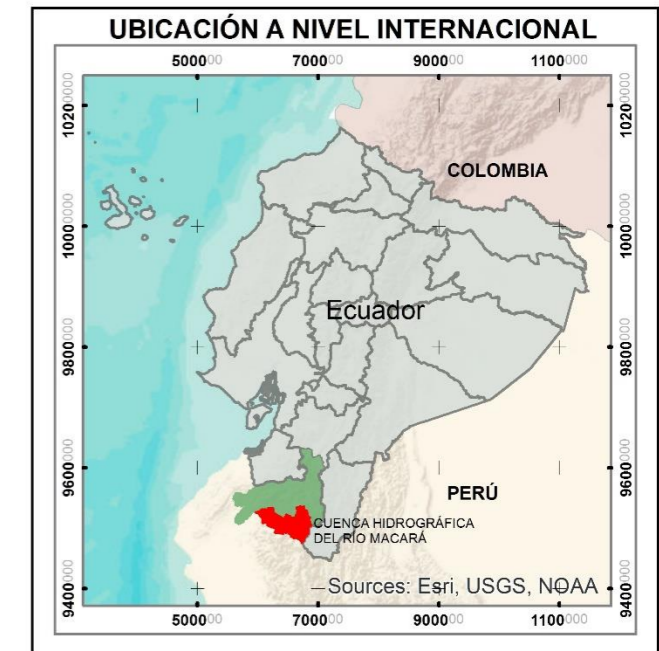
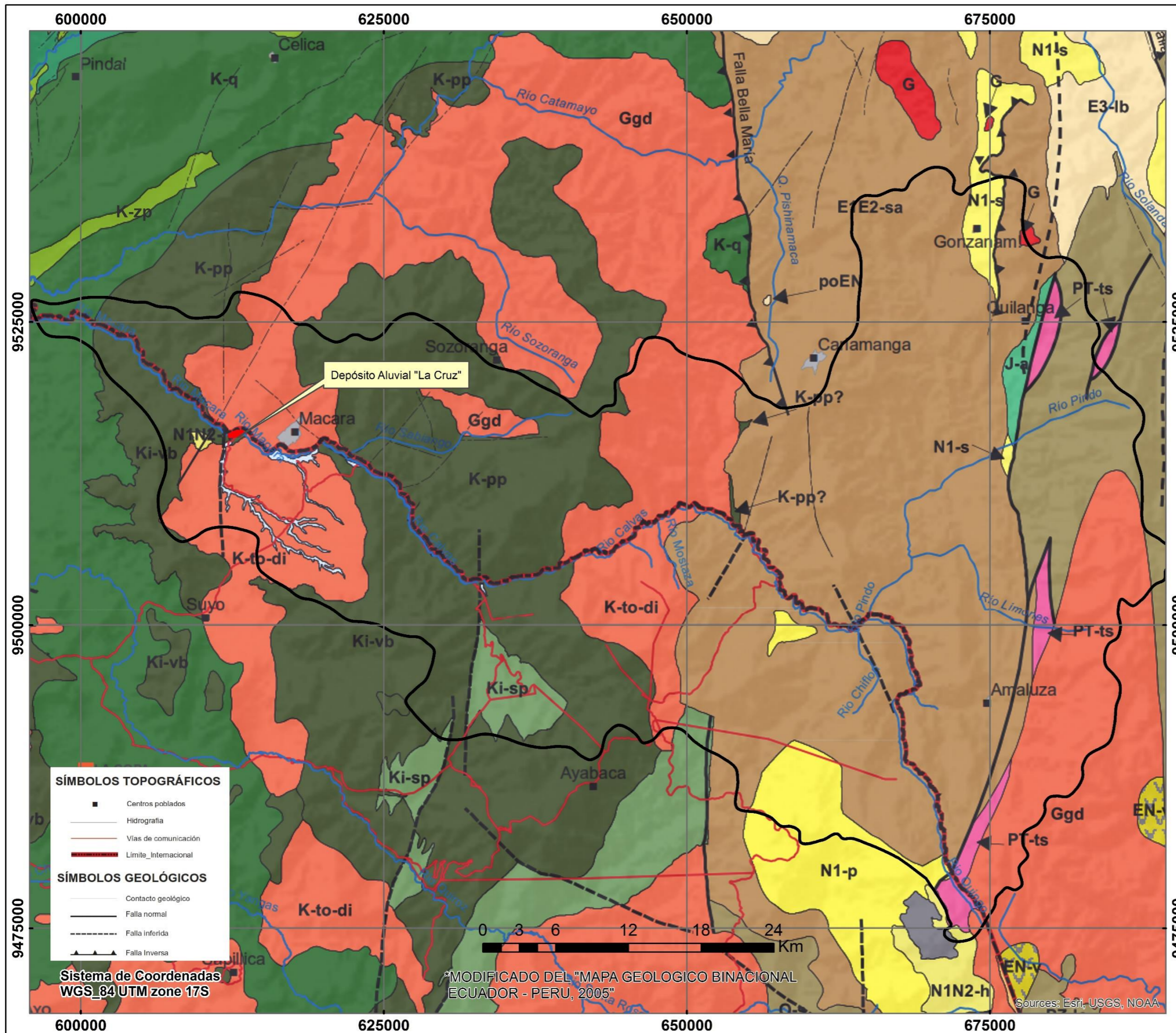
TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

<b>TEMA</b>	DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DEL DEPÓSITO ALUVIAL DEL RÍO MACARÁ UBICADO EN EL SECTOR "LA CRUZ", PERTENECIENTE AL CANTÓN MACARÁ, PROVINCIA DE LOJA.		
<b>Director</b>	Ing. Stalin Paladines		
<b>Tesista</b>	Jorge Espinosa R.		
<b>Fecha</b>	25 Octubre del 2017	<b>Escala</b>	1:2.500

# **ANEXO 6**

MAPA GEOLÓGICO REGIONAL

# MAPA GEOLÓGICO REGIONAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MACARÁ



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	
<b>TEMA</b>	DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DEL DEPÓSITO ALUVIAL DEL RÍO MACARÁ UBICADO EN EL SECTOR "LA CRUZ", PERTENECIENTE AL CANTÓN MACARÁ, PROVINCIA DE LOJA.
<b>Director</b>	Ing. Stalin Paladines
<b>Tesista</b>	Jorge Espinosa R.
<b>Fecha</b>	25 Octubre del 2017
<b>Escala</b>	1:330.000

# **ANEXO 7**

**FICHAS DE CAMPO DE AFLORAMIENTOS**

### FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación del depósito aluvial "La Cruz"		
<b>Nº / Código</b>	Afloramiento 1	<b>Fecha</b>	04/10/2017

#### Registro Fotográfico



#### Descripción

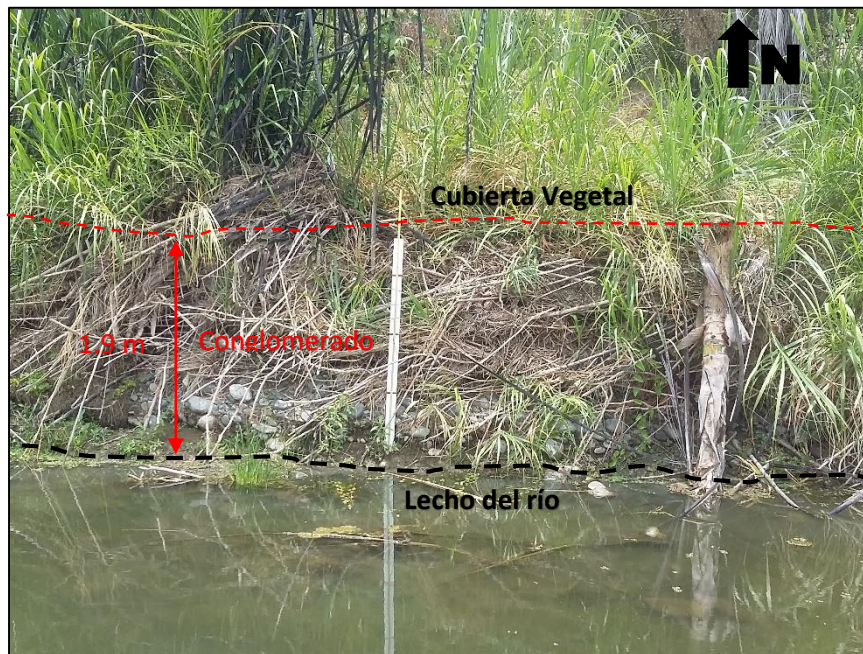
Ubicado al inicio del terreno hacia el este, junto al lecho del río; de cinco metros de altura y de gran exposición

Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Buzamiento
	613240	9515912	378			N 15 O
<b>Fm. Geológica</b>	Cuenca de Lancones – Fm. Volcánico La Bocana- Miembro inferior (Andesitas, Dacitas, Andesitas vacuolares y silíceas, tobas líticas)					
<b>Reconocimiento de "visu" de roca</b>	Andesita afanítica de coloración gris verdosa					
<b>Grado de meteorización ISRM (1981)</b>	Moderadamente meteorizado. - La parte baja del afloramiento presenta meteorización física causada por actividades antrópicas, y por golpe y abrasión de los materiales de arrastre, produciendo descamación y desgaste en la parte frontal del afloramiento (caras lisas). En la parte superior presenta meteorización biológica, por la presencia de arbustos. Además presenta leve decoloración por oxidación en todas las caras.					
<b>Resistencia (Waltham,1994)</b>	Roca extremadamente dura.- El martillo geológico rebota con el golpe, la roca solo puede ser astillada					
<b>Estructura (Hoek &amp; Brown)</b>	Masivo.- un solo cuerpo					

### FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación del depósito aluvial "La Cruz"		
<b>Nº / Código</b>	Afloramiento 2	<b>Fecha</b>	04/10/2017

#### Registro Fotográfico



#### Descripción / Observaciones

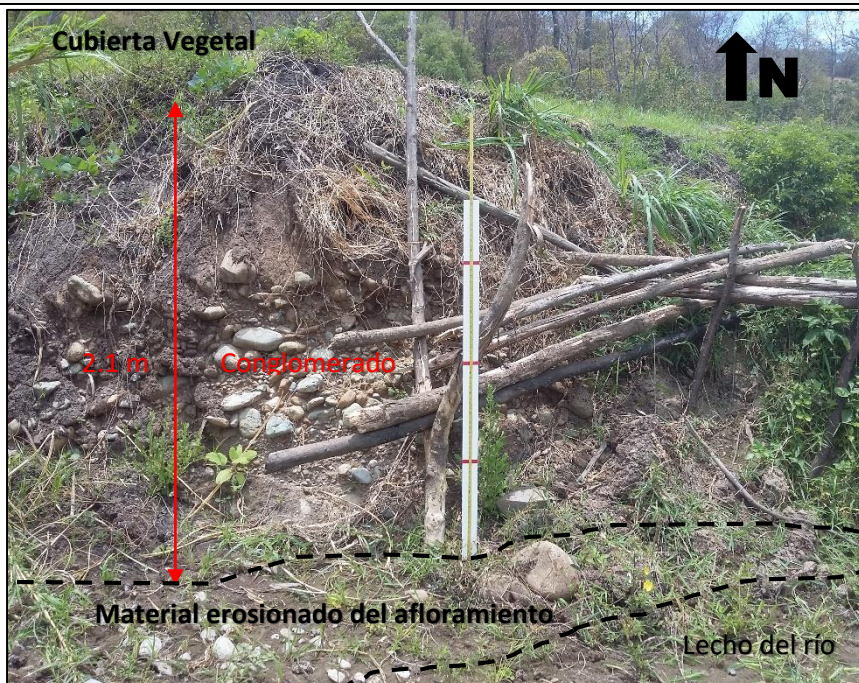
Ubicado en el talud de la terraza aluvial situada al margen derecho del río; posee un desnivel de 1.9 metros.

Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Buzamiento
	613144	9515910	376		N 77 O	5°
<b>Fm. Geológica</b>	Depósito cuaternario					
<b>Reconocimiento de "visu" de roca</b>	Conglomerado					
<b>Meteorización</b>	Fuertemente erosionado por la corriente					
<b>Resistencia</b>	Baja.- Materiales no cohesivos					

### FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación del depósito aluvial "La Cruz"		
<b>Nº / Código</b>	Afloramiento 3	<b>Fecha</b>	04/10/2017

#### Registro Fotográfico



#### Descripción / Observaciones

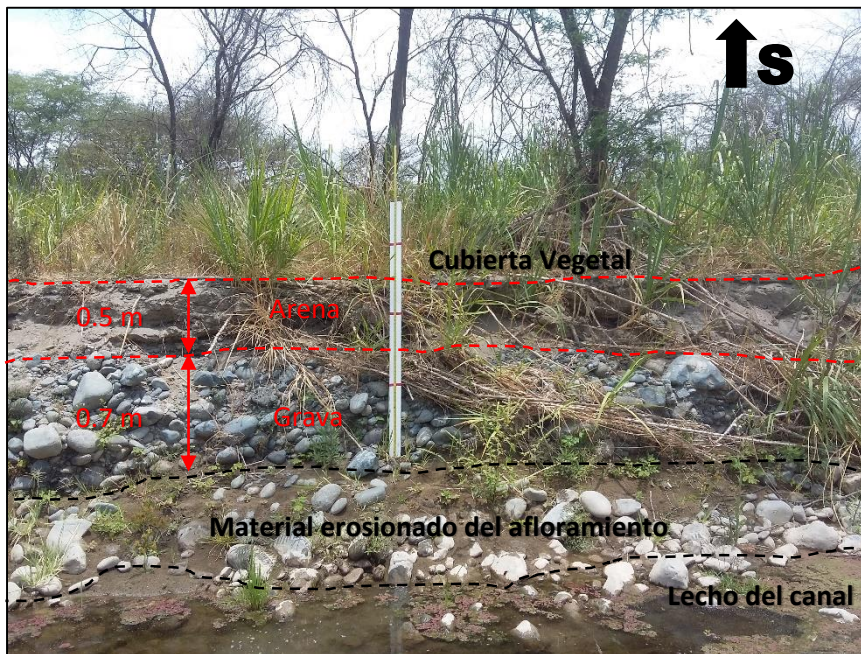
Ubicado en el talud de la terraza aluvial situada al margen derecho del río; posee un desnivel de 2.1 metros

Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Buzamiento
	612996	9515937	378		N 87 O	-----
<b>Fm. Geológica</b>	Depósito cuaternario					
<b>Reconocimiento de "visu" de roca</b>	Conglomerado y arcillas					
<b>Meteorización</b>	Fuertemente erosionado por la corriente					
<b>Resistencia</b>	Baja.- Materiales no cohesivos					

### FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación del depósito aluvial "La Cruz"		
<b>Nº / Código</b>	Afloramiento 4	<b>Fecha</b>	04/10/2017

#### Registro Fotográfico



#### Descripción / Observaciones

Ubicado en el margen derecho de la isla fluvial; posee un desnivel de 1.2 metros

Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Buzamiento
	612930	9515871	375		S 72 O	-----
<b>Fm. Geológica</b>	Depósito aluvial					
<b>Reconocimiento de "visu" de roca</b>	Material Aluvial (Arena, grava, etc.)					
<b>Meteorización</b>	Fuertemente erosionado por la corriente					
<b>Resistencia</b>	Muy Baja.- Materiales no cohesivos					



### FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación del depósito aluvial "La Cruz"		
<b>Nº / Código</b>	Afloramiento 5	<b>Fecha</b>	04/10/2017

#### Registro Fotográfico



#### Descripción / Observaciones

Ubicado en la parte media del terreno, emerge levemente dentro de una barra lateral, cerca del lindero de cultivos de arroz. Está compuesto por tres exposiciones individuales

Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Buzamiento
	612725	9515841	373		N 13 E	----
<b>Fm. Geológica</b>	Cuenca de Lancones – Fm. Volcánico La Bocana- Miembro inferior (Andesitas, Dacitas, Andesitas vacuolares y silíceas, tobas líticas)					
<b>Reconocimiento de "visu" de roca</b>	Andesita afanítica de coloración gris claro					
<b>Grado de meteorización ISRM (1981)</b>	Levemente meteorizado. - Presenta meteorización física causada por golpe y abrasión de los materiales de arrastre que son empujados por la fuerza de la corriente; produciendo desgaste en todo el afloramiento (caras lisas).					
<b>Resistencia (Waltham,1994)</b>	Roca extremadamente dura.- El martillo geológico rebota con el golpe, la roca solo puede ser astillada					
<b>Estructura (Hoek &amp; Brown)</b>	Fracturado en bloques					

### FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación del depósito aluvial "La Cruz"		
-----------------	--	--	--

<b>Nº / Código</b>	Afloramiento 6	<b>Fecha</b>	04/10/2017
--------------------	----------------	--------------	------------

#### Registro Fotográfico



#### Descripción / Observaciones

Ubicado en el sector central del terreno, y emerge a 0.25 m dentro del cauce del río

Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Buzamiento
	612738	9515787	373			-----

<b>Fm. Geológica</b>	Cuenca de Lancones – Fm. Volcánico La Bocana- Miembro inferior (Andesitas, Dacitas, Andesitas vacuolares y silíceas, tobas líticas)
----------------------	---

<b>Reconocimiento de "visu" de roca</b>	Andesita afanítica de coloración gris oscuro
---	--

<b>Grado de meteorización ISRM (1981)</b>	Moderadamente meteorizado. - Presenta meteorización física causada por golpe y abrasión de los materiales de arrastre, produciendo desgaste en todo el afloramiento (caras lisas).
---	--

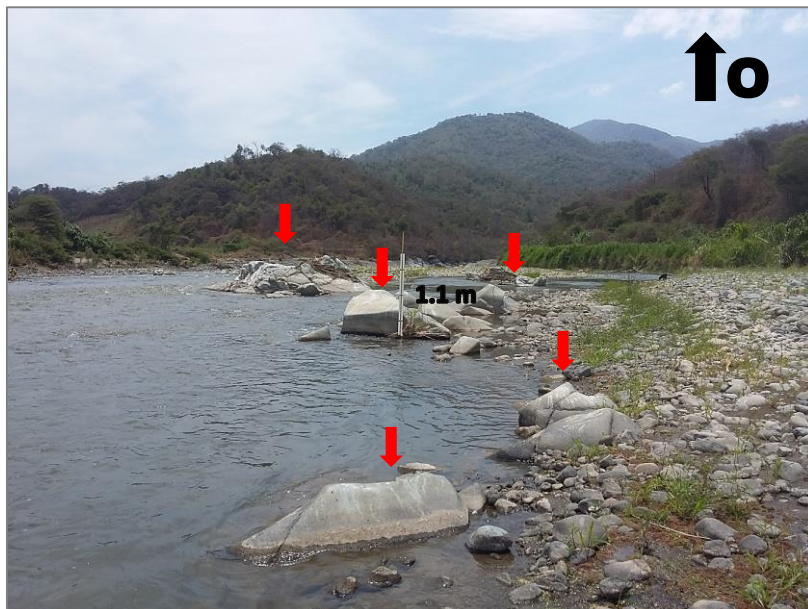
<b>Resistencia (Waltham,1994)</b>	Roca extremadamente dura.- El martillo geológico rebota con el golpe, la roca solo puede ser astillada
-----------------------------------	--

<b>Estructura (Hoek &amp; Brown)</b>	Masivo.- un solo cuerpo
--------------------------------------	-------------------------

### FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación del depósito aluvial "La Cruz"		
<b>Nº / Código</b>	Afloramiento 7	<b>Fecha</b>	04/10/2017

#### Registro Fotográfico



#### Descripción / Observaciones

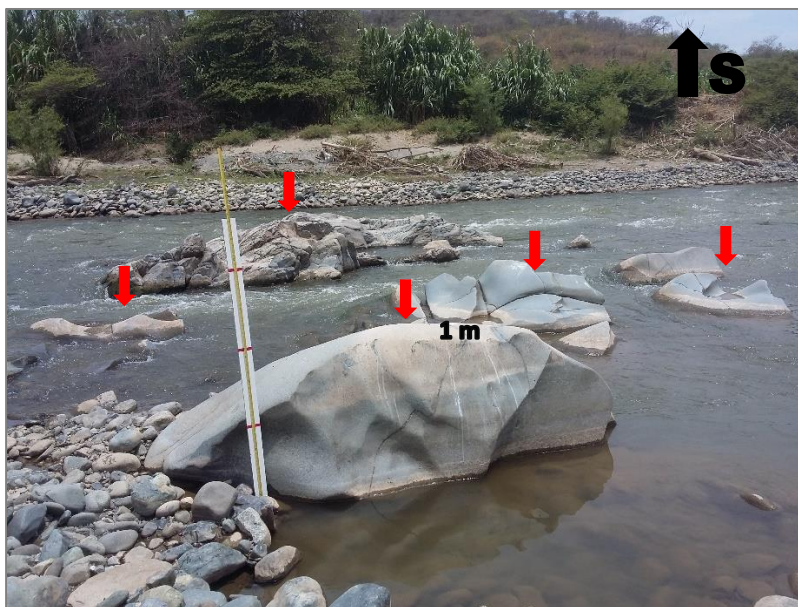
Ubicado en la parte media del terreno, dentro del lecho del río, de fácil apreciación. Está compuesto por cinco exposiciones individuales

Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Buzamiento
	612610	9515763	372		S 41 O	----
<b>Fm. Geológica</b>	Cuenca de Lancones – Fm. Volcánico La Bocana- Miembro inferior (Andesitas, Dacitas, Andesitas vacuolares y silíceas, tobas líticas)					
<b>Reconocimiento de "visu" de roca</b>	Andesita afanítica de coloración gris claro					
<b>Grado de meteorización ISRM (1981)</b>	Moderadamente meteorizado. - Presenta meteorización física causada por golpe y abrasión de los materiales de arrastre; produciendo desgaste en todo el afloramiento (caras lisas).					
<b>Resistencia (Waltham,1994)</b>	Roca extremadamente dura.- El martillo geológico rebota con el golpe, la roca solo puede ser astillada					
<b>Estructura (Hoek &amp; Brown)</b>	Fracturado en bloques					

### FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación del depósito aluvial "La Cruz"		
<b>Nº / Código</b>	Afloramiento 8	<b>Fecha</b>	04/10/2017

#### Registro Fotográfico



#### Descripción / Observaciones

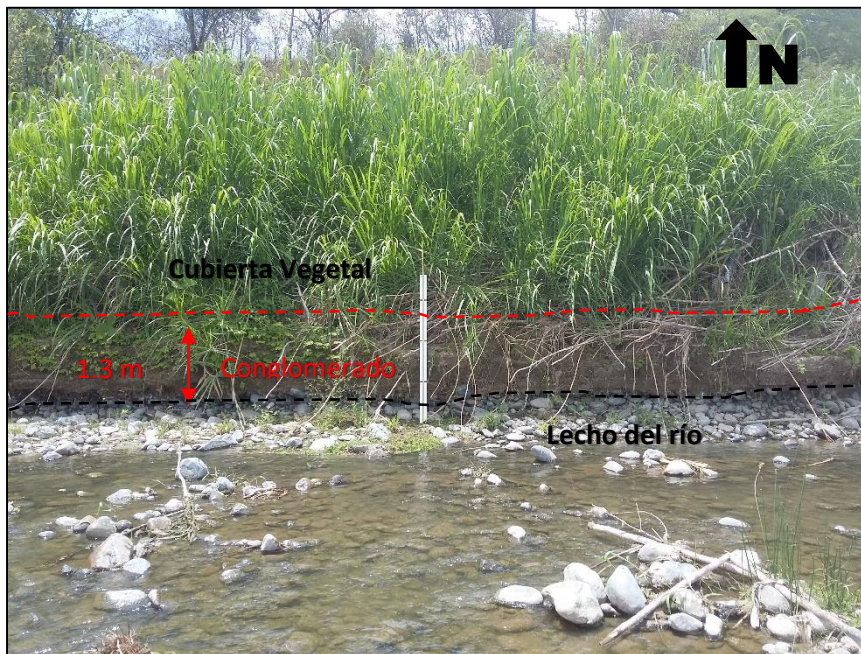
Ubicado en la parte final del terreno, dentro del lecho del río, de fácil apreciación. Está compuesto por cinco exposiciones individuales.

Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Dirección hacia el río
	612537	9515714	371		S 10 O	----
<b>Fm. Geológica</b>	Cuenca de Lancones – Fm. Volcánico La Bocana- Miembro inferior (Andesitas, Dacitas, Andesitas vacuolares y silíceas, tobas líticas)					
<b>Reconocimiento de "visu" de roca</b>	Andesita afanítica de coloración gris claro					
<b>Grado de meteorización ISRM (1981)</b>	Moderadamente meteorizado. - Presenta meteorización física causada por golpe y abrasión de los materiales de arrastre; produciendo desgaste en todo el afloramiento (descamación y caras lisas).					
<b>Resistencia (Waltham,1994)</b>	Roca extremadamente dura.- El martillo geológico rebota con el golpe, la roca solo puede ser astillada					
<b>Estructura (Hoek &amp; Brown)</b>	Fracturado en Bloques					

### FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación del depósito aluvial "La Cruz"		
<b>Nº / Código</b>	Afloramiento 9	<b>Fecha</b>	04/10/2017

#### Registro Fotográfico



#### Descripción / Observaciones

Ubicado en el talud de la terraza aluvial situada al margen derecho del río al final del depósito; posee un desnivel de 1.3 metros.

Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Buzamiento
	612482	9515762	372			S 85 E
<b>Fm. Geológica</b>	Depósito cuaternario					
<b>Reconocimiento de "visu" de roca</b>	Conglomerado					
<b>Meteorización</b>	Fuertemente erosionado por la corriente					
<b>Resistencia</b>	Baja.- Materiales no cohesivos					

### FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación del depósito aluvial "La Cruz"		
<b>Nº / Código</b>	Afloramiento 10	<b>Fecha</b>	02/07/2017

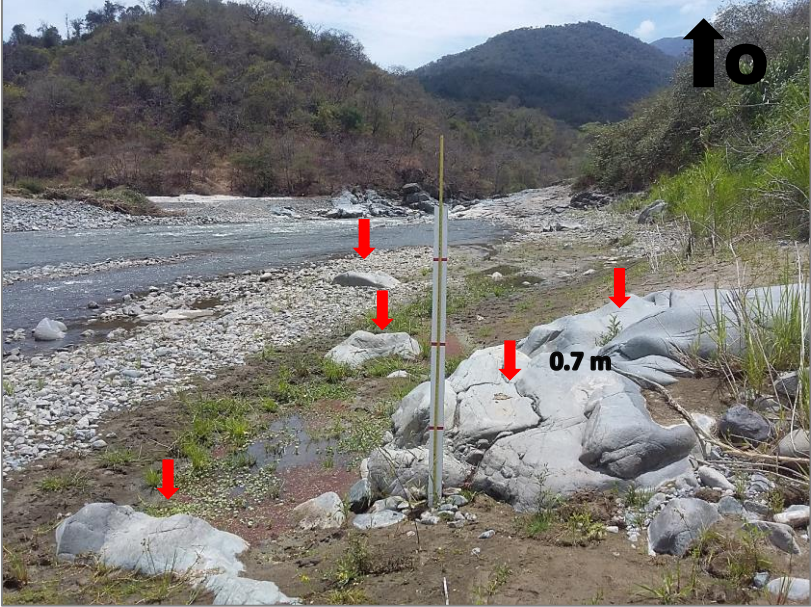
#### Registro Fotográfico



#### Descripción / Observaciones

Ubicado en la margen de la barra lateral situada al margen izquierdo del río, al final del depósito; posee un desnivel promedio de 1 metro.

Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Buzamiento
	612468	9515680	370		S 80 O	5°
<b>Fm. Geológica</b>	Depósito Aluvial					
<b>Reconocimiento de "visu" de roca</b>	Material Aluvial (Arena, Grava, etc.)					
<b>Resistencia</b>	Muy Baja.- Materiales no cohesivos					

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación del depósito aluvial "La Cruz"					
<b>Nº / Código</b>	Afloramiento 11	<b>Fecha</b>	04/10/2017			
Registro Fotográfico						
						
Descripción / Observaciones						
<p>Ubicado en la parte final y oeste del terreno, en la margen izquierda del río, junto a la vegetación de carrizos. Está compuesto por cinco exposiciones individuales</p>						
Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Dirección hacia el río
	612400	9515720	370		S 73 O	S 22 E
<b>Fm. Geológica</b>	Cuenca de Lancones – Fm. Volcánico La Bocana- Miembro inferior (Andesitas, Dacitas, Andesitas vacuolares y silíceas, tobas líticas)					
<b>Reconocimiento de "visu" de roca</b>	Andesita afanítica de coloración gris claro					
<b>Grado de meteorización ISRM (1981)</b>	Moderadamente meteorizado. - Presenta meteorización física causada por golpe y abrasión de los materiales de arrastre; produciendo fracturación (diaclasas) y desgaste en todo el afloramiento (descamación y caras lisas).					
<b>Resistencia (Waltham,1994)</b>	Roca extremadamente dura.- El martillo geológico rebota con el golpe, la roca solo puede ser astillada.					
<b>Estructura (Hoek &amp; Brown)</b>	Fracturado en Bloques					

### FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación del depósito aluvial "La Cruz"		
<b>Nº / Código</b>	Afloramiento 12	<b>Fecha</b>	04/10/2017

#### Registro Fotográfico



#### Descripción / Observaciones

Ubicado hacia el oeste en la parte final del terreno, en la margen izquierda del río, junto a la vegetación de carrizos

Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Dirección hacia el río
	612353	9515717	370		S 44 O	S 07 E
<b>Fm. Geológica</b>	Cuenca de Lancones – Fm. Volcánico La Bocana- Miembro inferior (Andesitas, Dacitas, Andesitas vacuolares y silíceas, tobas líticas)					
<b>Reconocimiento de "visu" de roca</b>	Dacita porfírica de coloración gris verdosa. Presenta coloración rojiza por oxidación					
<b>Grado de meteorización ISRM (1981)</b>	Moderadamente meteorizado. - Presenta meteorización física causada por golpe y abrasión de los materiales de arrastre produciendo fracturación (diaclasas) y desgaste en todo el afloramiento (descamación y caras lisas). Además presenta meteorización química por oxidación.					
<b>Resistencia (Waltham,1994)</b>	Roca extremadamente dura.- El martillo geológico rebota con el golpe, la roca solo puede ser astillada					
<b>Estructura (Hoek &amp; Brown)</b>	Fracturado en Bloques					



### FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación del depósito aluvial "La Cruz"		
<b>Nº / Código</b>	Afloramiento 13	<b>Fecha</b>	04/10/2017

#### Registro Fotográfico



#### Descripción / Observaciones

Ubicado en la parte final del terreno, cerca del lugar de confluencia de la quebrada Chirinos. Geomorfológicamente forma una estructura "Cuello de botella" que encajona el río.

Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Dirección hacia el río
	612314	9515690	373		S 35 O	S 12 E
<b>Fm. Geológica</b>	Cuenca de Lancones – Fm. Volcánico La Bocana- Miembro inferior (Andesitas, Dacitas, Andesitas vacuolares y silíceas, tobas líticas)					
<b>Reconocimiento de "visu" de roca</b>	Andesita afanítica de coloración gris claro a oscuro con intensa fracturación. El afloramiento presenta una falla y contacto entre flujos de lavas félsicas y máficas de dirección 35-SO. Posible alteración hidrotermal por la presencia de pequeñas brechas con relleno de cuarzo granular y zonas de oxidación					
<b>Grado de meteorización ISRM (1981)</b>	Moderadamente meteorizado. - Presenta meteorización física causada por golpe y abrasión de los materiales de arrastre; produciendo fracturación (diaclasas) y desgaste en todo el afloramiento (descamación y caras lisas). Además presenta meteorización química por oxidación.					
<b>Resistencia (Waltham,1994)</b>	Roca extremadamente dura.- El martillo geológico rebota con el golpe, la roca solo puede ser astillada					
<b>Estructura (Hoek &amp; Brown)</b>	Masivo - Muy fracturado					

### FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación del depósito aluvial "La Cruz"		
<b>Nº / Código</b>	Afloramiento 14	<b>Fecha</b>	04/10/2017


#### Registro Fotográfico



#### Descripción / Observaciones

Ubicado en el talud de la terraza aluvial situada al margen izquierdo del río; posee un desnivel de 2.2 metros.

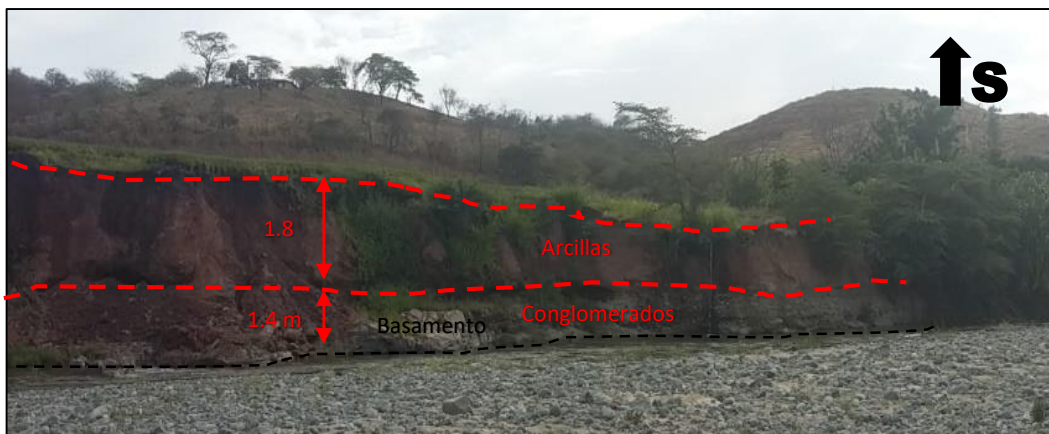
Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Buzamiento
	613039	9515658	375		S 43 O	-----
<b>Fm. Geológica</b>	Depósito cuaternario					
<b>Reconocimiento de "visu" de roca</b>	Conglomerado					
<b>Meteorización</b>	Fuertemente erosionado por la corriente					
<b>Resistencia</b>	Baja.- Materiales no cohesivos					

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación del depósito aluvial La Cruz					
<b>Nº / Código</b>	Afloramiento 15	<b>Fecha</b>	04/10/2017			
Registro Fotográfico						
						
Descripción / Observaciones						
Ubicado en la parte media del terreno hacia el sur, en la margen izquierda del río debajo de capas de arcilla y material detrítico. Está compuesto por dos exposiciones individuales						
Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Buzamiento
	613025	9515650	375		S 5 O	-----
<b>Fm. Geológica</b>	Cuenca de Lancones – Fm. Volcánico La Bocana- Miembro inferior (Andesitas, Dacitas, Andesitas vacuolares y silíceas, tobas líticas)					
<b>Reconocimiento de "visu" de roca</b>	Andesita afanítica de coloración gris verdosa					
<b>Grado de meteorización ISRM (1981)</b>	Moderadamente meteorizado. – La parte baja del afloramiento presenta meteorización física causada por golpe y abrasión de los materiales de arrastre, produciendo descamación, diaclasamiento y desgaste (caras lisas). En la parte superior presenta meteorización biológica, a causa de las raíces de arbustos instalados en el sitio. Además presenta leve decoloración.					
<b>Resistencia (Waltham,1994)</b>	Roca extremadamente dura.- El martillo geológico rebota con el golpe, la roca solo puede ser astillada					
<b>Estructura (Hoek &amp; Brown)</b>	Fracturado en Bloques					

### FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación del depósito aluvial "La Cruz"		
<b>Nº / Código</b>	Afloramiento 16	<b>Fecha</b>	04/10/2017

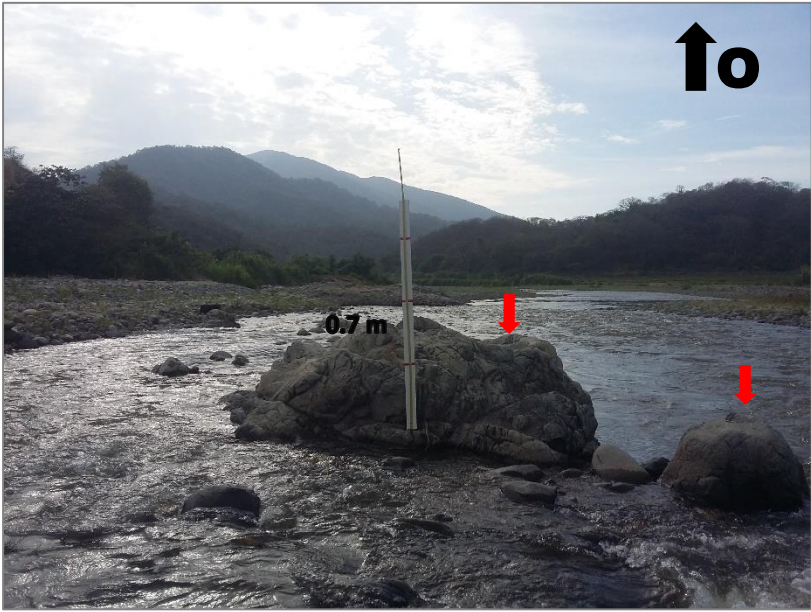
#### Registro Fotográfico

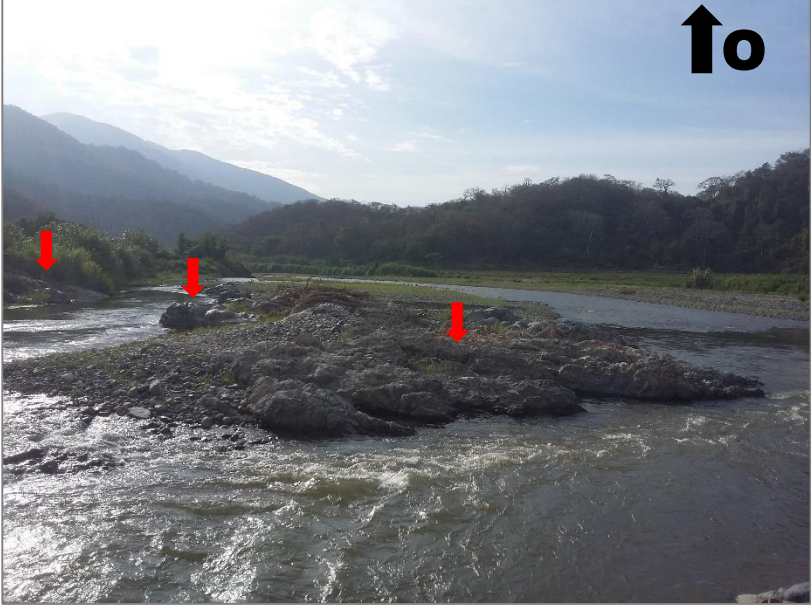


#### Descripción / Observaciones

Talud de la terraza aluvial situada al margen izquierdo del río; Posee un desnivel de 3.2 metros.

Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Buzamiento
	612974	9515641	376			S 83 O
<b>Fm. Geológica</b>	Depósitos cuaternarios					
<b>Reconocimiento de "visu" de roca</b>	Arcillas y Conglomerado					
<b>Meteorización</b>	Fuertemente erosionado por la corriente					
<b>Resistencia</b>	Baja.- Materiales no cohesivos					

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación del depósito aluvial "La Cruz"					
<b>Nº / Código</b>	Afloramiento 17	<b>Fecha</b>	04/10/2017			
Registro Fotográfico						
 <p>The photograph shows a river with a rocky outcrop in the center. A vertical scale bar is placed on the rock, with the text '0.7 m' next to it. Two red arrows point downwards from the top of the rock. In the upper right corner of the photo, there is a large black arrow pointing upwards with the letter 'o' next to it. The background shows a river valley with mountains under a cloudy sky.</p>						
Descripción / Observaciones						
Ubicado en la parte media y sur del terreno, dentro del cauce del río. Está compuesto por dos exposiciones individuales.						
Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Buzamiento
	612953	9515701	375		S 11 O	----
<b>Fm. Geológica</b>	Cuenca de Lancones – Fm. Volcánico La Bocana- Miembro inferior (Andesitas, Dacitas, Andesitas vacuolares y silíceas, tobas líticas)					
<b>Reconocimiento de "visu" de roca</b>	Andesita afanítica de coloración gris verdosa					
<b>Grado de meteorización ISRM (1981)</b>	Moderadamente meteorizado. - presenta meteorización física causada por golpe y abrasión de los materiales de arrastre, produciendo descamación, diaclasamiento y desgaste (caras lisas) en la parte frontal del afloramiento.					
<b>Resistencia (Waltham,1994)</b>	Roca extremadamente dura.- El martillo geológico rebota con el golpe, la roca solo puede ser astillada					
<b>Estructura (Hoek &amp; Brown)</b>	Fracturado en Bloques					

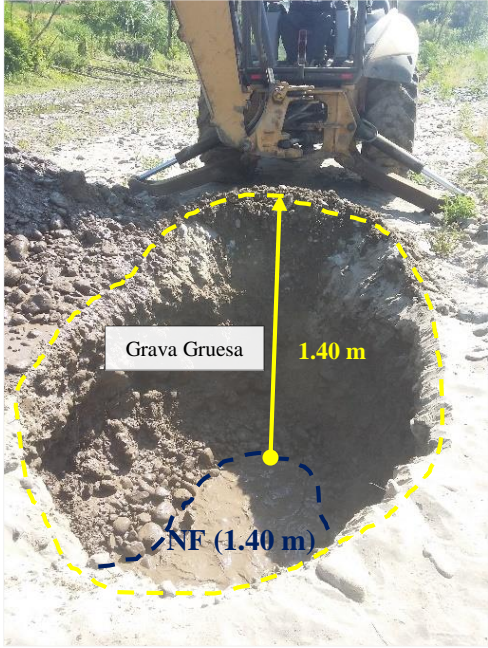
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación del depósito aluvial "La Cruz"					
<b>Nº / Código</b>	Afloramiento 18	<b>Fecha</b>	04/10/2017			
Registro Fotográfico						
						
Descripción / Observaciones						
Ubicado en la parte media del terreno en la margen izquierda del río cerca del meandro. Afloramiento de gran exposición						
Coordenadas	X	Y	Z	Orientación	Rumbo	Buzamiento
	612880	9515702	374		S 21 O	----
<b>Fm. Geológica</b>	Cuenca de Lancones – Fm. Volcánico La Bocana- Miembro inferior (Andesitas, Dacitas, Andesitas vacuolares y silíceas, tobas líticas)					
<b>Reconocimiento de "visu" de roca</b>	Andesita afanítica de coloración gris verdosa.					
<b>Grado de meteorización ISRM (1981)</b>	Moderadamente meteorizado. - presenta meteorización física causada por golpe y abrasión de los materiales de arrastre, produciendo descamación, diaclasamiento y desgaste (caras lisas) en todo el afloramiento. Además presenta leve decoloración por oxidación en todas las caras.					
<b>Resistencia (Waltham,1994)</b>	Roca extremadamente dura.- El martillo geológico rebota con el golpe, la roca solo puede ser astillada					
<b>Estructura (Hoek &amp; Brown)</b>	Fracturado en Bloques					

# **ANEXO 8**

FICHAS DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS						
<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación de materiales pétreos del depósito aluvial "La Cruz"			<b>Fecha</b>	09-10-2017	
<b>Nº Calicata</b>	01			<b>Dimensiones de la excavación L/A/P</b>	3m x 1.5m x 1.05 m	
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Profundidad Nivel Freático</b>	0.95 m	
	613156	9515904	376			
Registro Fotográfico				Descripción de estratos		
				<b>Estrato 1</b>	Posee una potencia total de 85 centímetros y está compuesto de grava gruesa (> 64 mm <256 mm). Presenta restos orgánicos (raíces, lamas)	
				<b>Estrato 2</b>	Posee una potencia excavada de 10 centímetros y está compuesto de bloques (> 256 mm).	
<b>Ubicación referencial</b>				La calicata se realizó al inicio del lecho del canal de inundación.		



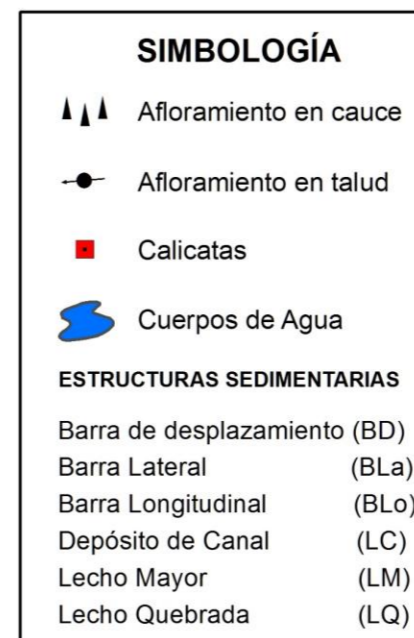
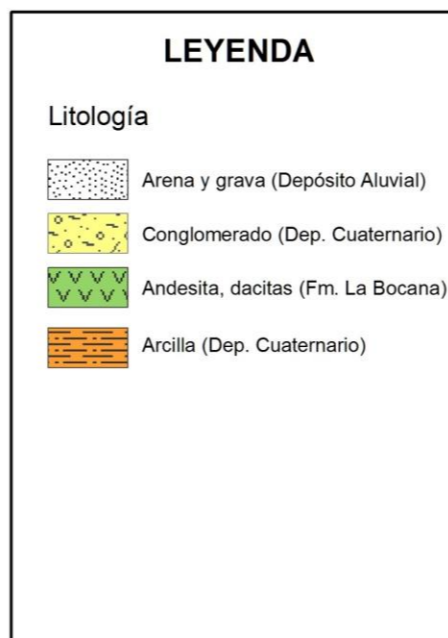
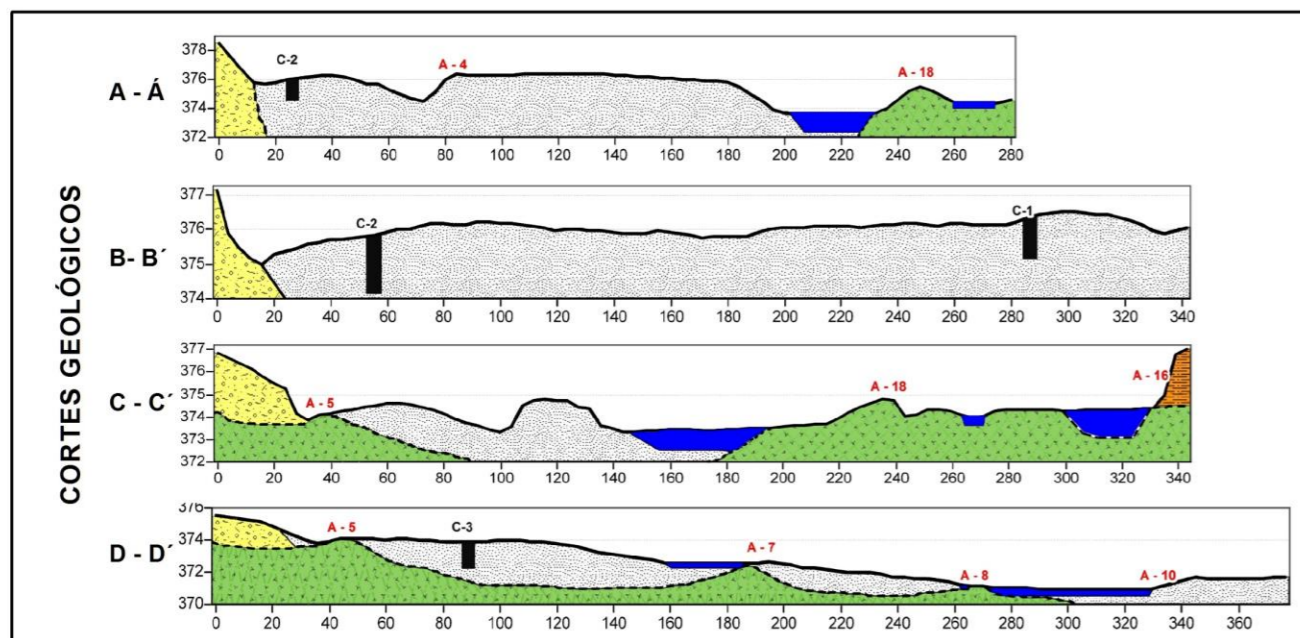
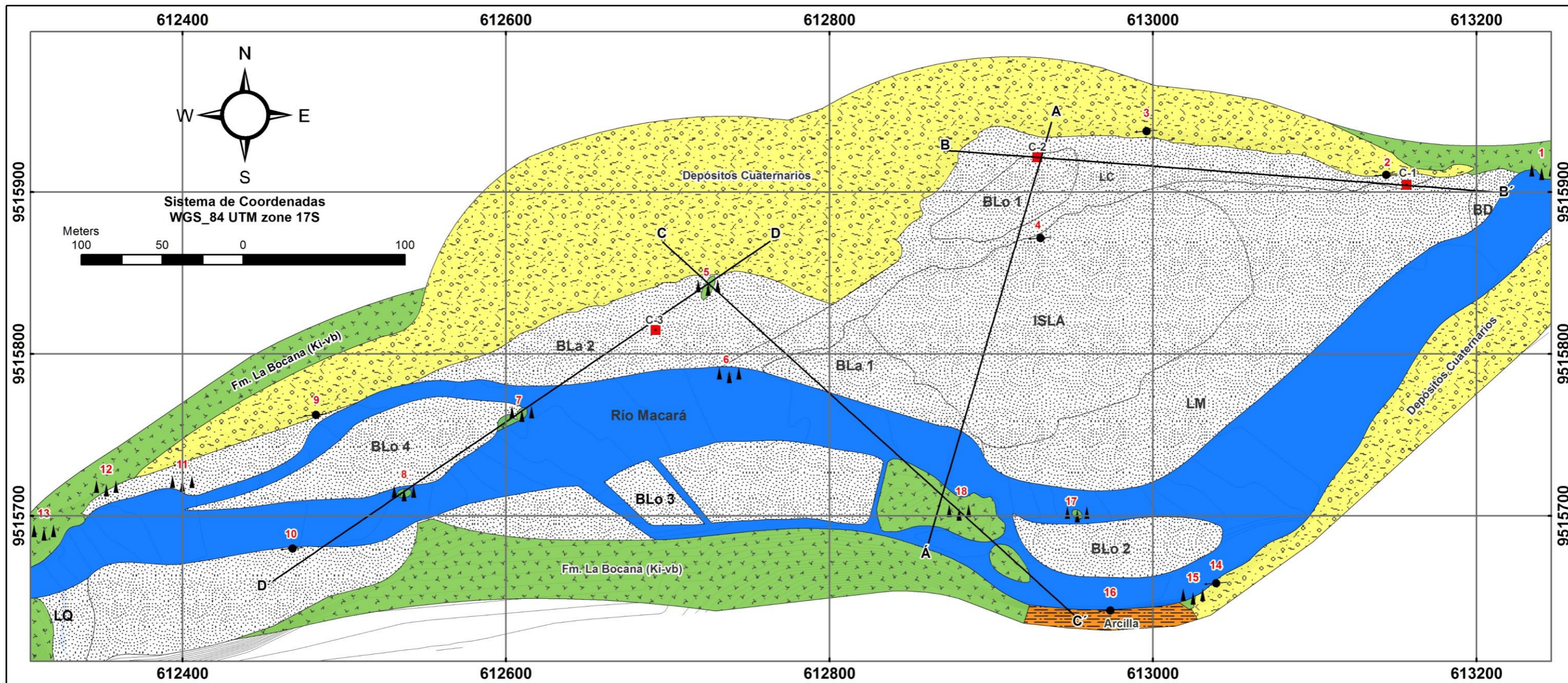
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS						
<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación de materiales pétreos del depósito aluvial "La Cruz"			<b>Fecha</b>	09-10-2017	
<b>Nº Calicata</b>	02			<b>Dimensiones de la excavación L/A/P</b>	3m x 1.5m x 1.6m	
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Profundidad Nivel Freático</b>	1.40 m	
	612928	9515921	375			
Registro Fotográfico				Descripción de estratos		
				<b>Estrato 1</b>	<p>Posee una potencia excavada de un 1.40 metros y está compuesto de grava gruesa (&gt; 64 mm &lt;256 mm). En la parte superior presenta un delgada lamina de arena.</p>	
					<p><b>Ubicación referencial</b></p> <p>La calicata se realizó en el área central del lecho del canal de inundación</p>	

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS						
<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación de materiales pétreos del depósito aluvial "La Cruz"			<b>Fecha</b>	09-10-2017	
<b>Nº Calicata</b>	03			<b>Dimensiones de la excavación L/A/P</b>	3m x 1.5m x 1.78m	
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Profundidad Nivel Freático</b>	1.68 m	
	612692	9515814	374			
Registro Fotográfico				Descripción de estratos		
				<b>Estrato 1</b>	Posee una potencia de tres centímetros y está compuesto de grava (> 2mm <64mm)	
				<b>Estrato 2</b>	Posee una potencia de catorce centímetros y está compuesto de arena (>64 μm < 2mm). Presenta raíces	
				<b>Estrato 3</b>	Posee una potencia de ocho centímetros y está compuesto de grava (> 2mm <64mm)	
				<b>Estrato 4</b>	Posee una potencia de cincuenta y ocho centímetros y está compuesto de arena (>64μm < 2 mm.)	
				<b>Estrato 5</b>	Posee una potencia de cincuenta y tres centímetros y está compuesto de grava (> 2mm <64mm)	
				<b>Estrato 6</b>	Posee una potencia excavada de treinta y dos centímetros y está compuesto de grava gruesa (> 64 mm <256 mm).	
<b>Ubicación referencial</b>				La calicata se realizó sobre una barra lateral ubicada al margen izquierdo del río.		

# **ANEXO 9**

MAPA GEOLÓGICO LOCAL

# GEOLOGÍA LOCAL DEL DEPÓSITO ALUVIAL LA CRUZ



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL  
Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL			
<b>TEMA</b>	DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DEL DEPÓSITO ALUVIAL DEL RÍO MACARÁ UBICADO EN EL SECTOR "LA CRUZ", PERTENECIENTE AL CANTÓN MACARÁ, PROVINCIA DE LOJA.		
<b>Director</b>	Ing. Stalin Paladines		
<b>Tesista</b>	Jorge Espinosa R.		
<b>Fecha</b>	25 Octubre del 2017	<b>Escala</b>	1:2.500

# **ANEXO 10**

RESULTADOS DE ENSAYOS Y ANÁLISIS DE  
LABORATORIO



## ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.c

### ENSAYO DE ABRASION

#### DISEÑO DE EXPLOTACION DE MATERIALES PETREOS DEL DEPOSI ALUVIAL "LA CRUZ"

PROYEC:

OBRA: FUENTES DE MATERIAL

LOCALZ.: LA CRUZ

FECHA: MAYO-2018

MUESTRA : COMPUESTA

PROFUND.: STOCK

OPERADOR: D.C.

NORMA INEN 861

#### ENSAYO DE ABRASIÓN MÈTODO A

TAMIZ RET.	MASA IN.	MASA FINAL	%
1"	1255,00		
3/4"	1253,81		
1/2"	1251,46		
3/8"	1250,81		
SUMA	5.011,08	4.255,00	15,09%
ESPECIF.:	<b>40,00%</b>	CUMPLE	<b>SI</b>

Ing. Voltaire O. Castillo J.  
LABORATORIO



# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

## PESO ESPECIFICO DE AGREGADOS

PROYEC:	<b>DISEÑO DE EXPLOTACION DE MATERIALES PETREOS DEL DEPOSITO ALUVIAL "LA CRUZ"</b>	
OBRA:	PRUEBA DE CALIDAD	
LOCALZ.:	LA CRUZ	MUESTRA: LA CRUZ
FECHA:	MAYO-2018	CANTERA:

MUESTRA: Agregados de Río

## PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO

NORMA DE ENSAYO: ASTM C-128

DATOS:		
PESO PICNOMETRO MAS AGUA:	668,05	gr
PESO PICNOMETRO:	169,64	gr
VOLUMEN PICNOMETRO:	498,41	cc
PESO TOTAL:	978,98	gr
PESO SUELO SECO:	484,26	gr
DENSIDAD MASIVA:	2,56	gr/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD SSS:	2,645	gr/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD APARENTE:	2,79	gr/cm <sup>3</sup>
ABSORCION:	3,25%	

## PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO

NORMA DE ENSAYO: ASTM C-127

DATOS:		
PESO EN EL AIRE:	6225,00	gr
PESO SUMERGIDO:	3990,00	gr
PESO SECO:	6200,00	gr
DENSIDAD MASIVA:	2,77	gr/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD SSS:	2,785	gr/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD APARENTE:	2,81	gr/cm <sup>3</sup>
ABSORCION:	0,40%	



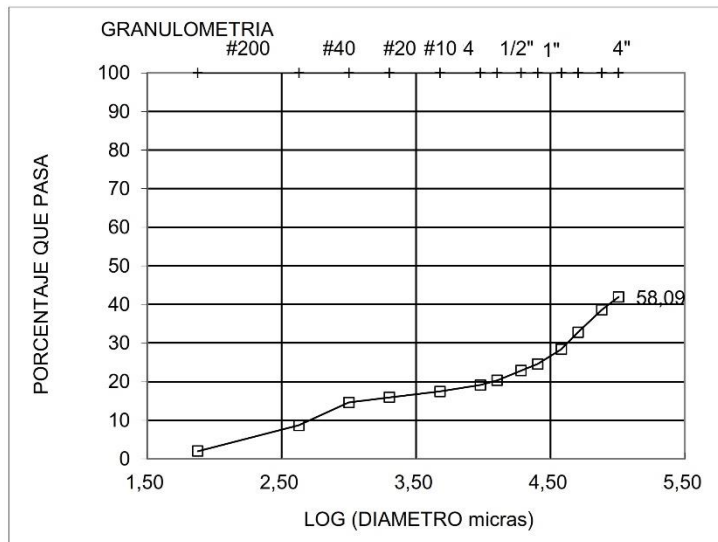
# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

## GRANULOMETRIA DE MATERIAL DE PRESTAMO

DISEÑO DE EXPLOTACION DE MATERIALES PETREOS DEL DEPOSITO						
PROY. :		ALUVIAL "LA CRUZ"				
OBRA :		PRUEBAS DE CALIDAD				
UBIC. :		LA CRUZ		MUESTRA: ALUVIAL COMPUESTA		
FECHA :		MAYO-2018		OPERADOR D.I.C. PROFUND.:-		
MATERIAL: ALUVIAL		LIMITE LIQUIDO:		0,00		
PESO IN.: 29.405,00		LIMITE PLASTICO:		0,00		
MALLA No.	MASA RET. PARCIAL	MASA RET. ACUMULADA	% RET.	% PASA	% PASA CORREG.	% RET.AC
4	17.082,24	17.082,24	58,09	41,91	41,91	58,09
3	969,73	18.051,97	61,39	38,61	38,61	61,39
2	2.683,10	19.765,34	67,22	32,78	32,78	67,22
1 1/2	1.299,50	21.064,84	71,64	28,36	28,36	71,64
1	1.117,32	22.182,16	75,44	24,56	24,56	75,44
3/4	504,70	22.686,86	77,15	22,85	22,85	77,15
1/2	743,67	23.430,53	79,68	20,32	20,32	79,68
3/8	357,51	23.788,04	80,90	19,10	19,10	80,90
# 4	486,25	24.274,29	82,55	17,45	17,45	82,55
PASA # 4	4.160,98	4.160,98	14,15			
SUMAN	29.405	28.435	96,70			
PESO HUM=	4161	w% =	0,00	P. SECO=	4161	
# 10	363,53	363,53	8,74	91,26	15,92	84,08
# 20	321,53	685,06	16,46	83,54	14,58	85,42
# 40	1413,69	2098,75	50,44	49,56	8,65	91,35
# 60	829,42	2928,17	70,37	29,63	5,17	94,83
# 100	535,52	3463,69	83,24	16,76	2,92	97,08
# 200	224,01	3687,70	88,63	11,37	1,98	98,02
PASA #200	473,28	473,28	11,37			
SUMAN	4160,98	4160,98	100,00			





Ing. Voltaire O. Castillo  
LABORATORIO




# **ANEXO 11**

FICHAS DE CAMPO DE PERFILES TRANSVERSALES DEL  
CAUCE

PERFILES TRANSVERSALES DEL CAUCE					
<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación de materiales pétreos del depósito aluvial "La Cruz"		<b>Fecha</b>	20-12-2017	
<b>Nº</b>	01		<b>Amplitud del cauce</b>	37.5	
<b>Responsable</b>	Jorge Espinosa R.		<b>Profundidad media</b>	0.73 m	
Registro Fotográfico					
 <p style="text-align: center;"><b>Medición con baliza y cuerda metrada</b></p>					
Datos de Campo					
Coordenadas (P1)			Coordenadas (P2)		
X	Y	Z	X	Y	Z
613218.3	9515902.5	376.1	613238	9515870.5	376.1
Longitud	Profundidad	Longitud	Profundidad	Longitud	Profundidad
0-1	0.12	21	0.85		
2	0.19	22	0.86		
3	0.20	23	0.90		
4	0.24	24	0.95		
5	0.28	25	1.00		
6	0.37	26	1.07		
7	0.40	27	1.10		
8	0.46	28	1.10		
9	0.46	29	1.11		
10	0.54	30	1.12		
11	0.55	21	1.15		
12	0.58	32	1.33		
13	0.62	33	1.41		
14	0.65	34	1.13		
15	0.71	35	0.82		
16	0.74	36	0.48		
17	0.77	37	0.10		
18	0.81	37.5	0		
19	0.84				
20	0.87				
<b>Nota</b>	La amplitud del cauce corresponde al periodo de estiaje.				

PERFILES TRANSVERSALES DEL CAUCE							
<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación de materiales pétreos del depósito aluvial "La Cruz"			<b>Fecha</b>	20-12-2017		
<b>Nº Perfil</b>	02			<b>Amplitud del Cauce</b>	65.7		
<b>Responsable</b>	Jorge Espinosa R.			<b>Profundidad media</b>	0.54 m		
Registro Fotográfico							
 <p><b>Medición con baliza y cuerda metrada</b></p>							
Datos de Campo							
Coordenadas (P1)				Coordenadas (P2)			
X	Y	Z		X	Y	Z	
613082.5	9515787.2	375.9		613120.2	9515733.4	375.9	
Longitud	Profundidad	Longitud	Profundidad	Longitud	Profundidad	Longitud	Profundidad
0-1	0.28	21	0.77	41	0.58	61	0.23
2	0.34	22	0.73	42	0.53	62	0.20
3	0.50	23	0.76	43	0.51	63	0.19
4	0.60	24	0.77	44	0.52	64	0.18
5	0.67	25	0.75	45	0.44	65	0.13
6	0.68	26	0.76	46	0.43	65.7	0
7	0.62	27	0.75	47	0.47		
8	0.60	28	0.74	48	0.47		
9	0.63	29	0.70	49	0.44		
10	0.70	30	0.66	50	0.44		
11	0.70	31	0.64	51	0.39		
12	0.70	32	0.63	52	0.38		
13	0.73	33	0.59	53	0.35		
14	0.71	34	0.58	54	0.33		
15	0.67	35	0.55	55	0.35		
16	0.70	36	0.58	56	0.34		
17	0.71	37	0.57	57	0.33		
18	0.73	38	0.56	58	0.29		
19	0.72	39	0.59	59	0.23		
20	0.75	40	0.58	60	0.22		
<b>Nota</b>	La amplitud del cauce corresponde al periodo de estiaje.						

PERFILES TRANSVERSALES DEL CAUCE							
<b>Proyecto</b>	Diseño de explotación de materiales pétreos del depósito aluvial "La Cruz"			<b>Fecha</b>	20-12-2017		
<b>Nº Perfil</b>	03			<b>Longitud cauce</b>	62.6		
<b>Responsable</b>	Jorge Espinosa R.			<b>Profundidad media</b>	0.48 m		
Registro Fotográfico							
<p><b>Medición con baliza y cuerda metrada</b></p> 							
Datos de Campo							
Coordenadas (P1)				Coordenadas (P2)			
X	Y	Z		X	Y	Z	
612639	9515781	372.5		612638.9	9515718.4	372.5	
Longitud	Profundidad	Longitud	Profundidad	Longitud	Profundidad	Longitud	Profundidad
0-1	0.15	21	0.63	41	0.63	61	0.15
2	0.18	22	0.58	42	0.60	62	0.15
3	0.29	23	0.50	43	0.60	62.6	0
4	0.30	24	0.51	44	0.61		
5	0.33	25	0.52	45	0.63		
6	0.33	26	0.50	46	0.52		
7	0.49	27	0.49	47	0.48		
8	0.52	28	0.42	48	0.45		
9	0.59	29	0.38	49	0.43		
10	0.61	30	0.39	50	0.47		
11	0.69	21	0.38	51	0.43		
12	0.77	32	0.39	52	0.40		
13	0.75	33	0.42	53	0.42		
14	0.77	34	0.40	54	0.37		
15	0.75	35	0.41	55	0.36		
16	0.70	36	0.49	56	0.30		
17	0.78	37	0.57	57	0.28		
18	0.74	38	0.59	58	0.20		
19	0.75	39	0.57	59	0.17		
<b>Nota</b>	La amplitud del cauce corresponde al periodo de estiaje						

# **ANEXO 12**

**VOLUMENES DE PRODUCCIÓN ANUAL DE MATERIAL  
PETREO DE AREAS MINERAS Y LIBRES  
APROVECHAMIENTOS DEL CANTÓN MACARÁ.**



**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DEL CANTÓN MACARÁ**

OBRAS PÚBLICAS / ÁRIDOS Y PÉTREOS

Ing. Roberto Viñán Rueda - Alcalde



Oficio N°0006.UAP-GADMM-2018

Macará, 16 de Mayo de 2018

Señor  
Jorge Espinosa Rodríguez

**ASUNTO:** En el texto.

De mis consideraciones, reciba cordiales saludos y éxitos en sus labores encomendadas, de acuerdo al oficio s/n de fecha 25 de abril de 2018 en el cual solicita información correspondiente a los volúmenes anuales de producción de materiales pétreos del cantón Macara correspondientes a los años 2015, 2016 y 2017, es por lo cual que permito informarle lo siguiente:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arena</li> <li>• Grava</li> <li>• Piedra</li> <li>• Conglomerado</li> </ul>	PERIODOS					TOTAL
	Volúmenes de explotación material pétreo					
	2015	2016 Enero – Junio	2016 Julio – Diciembre	2017 Enero - Junio	2017 Julio – Diciembre	
<b>Pequeña Minería</b>						
BELEN				768	3.840	
SANTA ANA				X	X	
SANTA ANA 1				384	X	
DEL CISNE				Archivada		
SOLITARIO				Proceso de Regularización		
<b>Artesanales</b>			Se publicó en registro Oficial Nro. 798 de fecha 15 de julio del 2016 (No existió explotación)			
PALAPITAS				240	384	
PALAPAS				X	152	
ROSITA				312	136	
TIERRA LINDA				X	X	
EDUARDO				Archivada		
JUAN PAZ				Proceso de Regularización		
RICARDO				Archivada		
				<b>1704</b>	<b>4512</b>	<b>6216</b>
<b>Libre Aprovechamiento</b>						
LA MACHANGUILLA		Regularización y obtención de Título minero y Licenciamiento Ambiental	372	2320	2692	
<b>Obras municipales</b>		Regeneración; Adoquinamiento y Construcción	5781		5781	
<b>Total de volumen explotado</b>						<b>14,689 m3</b>



**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DEL CANTÓN MACARÁ**

OBRAS PÚBLICAS / ÁRIDOS Y PÉTREOS

Ing. Roberto Viñán Rueda - Alcalde



Por lo antes expuesto le permito comunicarle que de acuerdo a las nuevas competencias como lo establece el Consejo Nacional de Competencias, mediante Resolución No. 0004-CNC-2014 del 6 de noviembre de 2014, el proceso de regularización se dio una vez que la ordenanza se publicó en Registro Oficial Nro. 798 de fecha 15 de julio del 2016; es por lo cual no existen registros de explotaciones en el año 2015; en el periodo julio – diciembre 2016 se realizó la regularización de cada una de las áreas mineras, es por ende; que la mayor explotación se dio en el año 2017 con concesiones de pequeña minería las cuales no realizan explotación en mayor escala como también las artesanales ya que depende de la oferta constructiva dentro del cantón Macara y a su vez la época de explotación es únicamente en la época de verano impidiendo así que la explotación sea a mayor escala.

Los datos proporcionados a su persona son una aproximación del volumen de explotación tanto de arena, piedra, conglomerado y grava realizado durante los periodos tomando en cuenta las inspecciones de campo, informes y las diferentes obras municipales que se realizan en el GAD de Macara.

Con la seguridad que el presente requerimiento sea atendido en los términos solicitados, reitero a Usted mis sentimientos de consideración y estima personal.

Atentamente,


Ing. José Luis Chuquimarca Saraguro  
**JEFE ÁRIDOS Y PÉTREOS-GADMM**

Copia. -

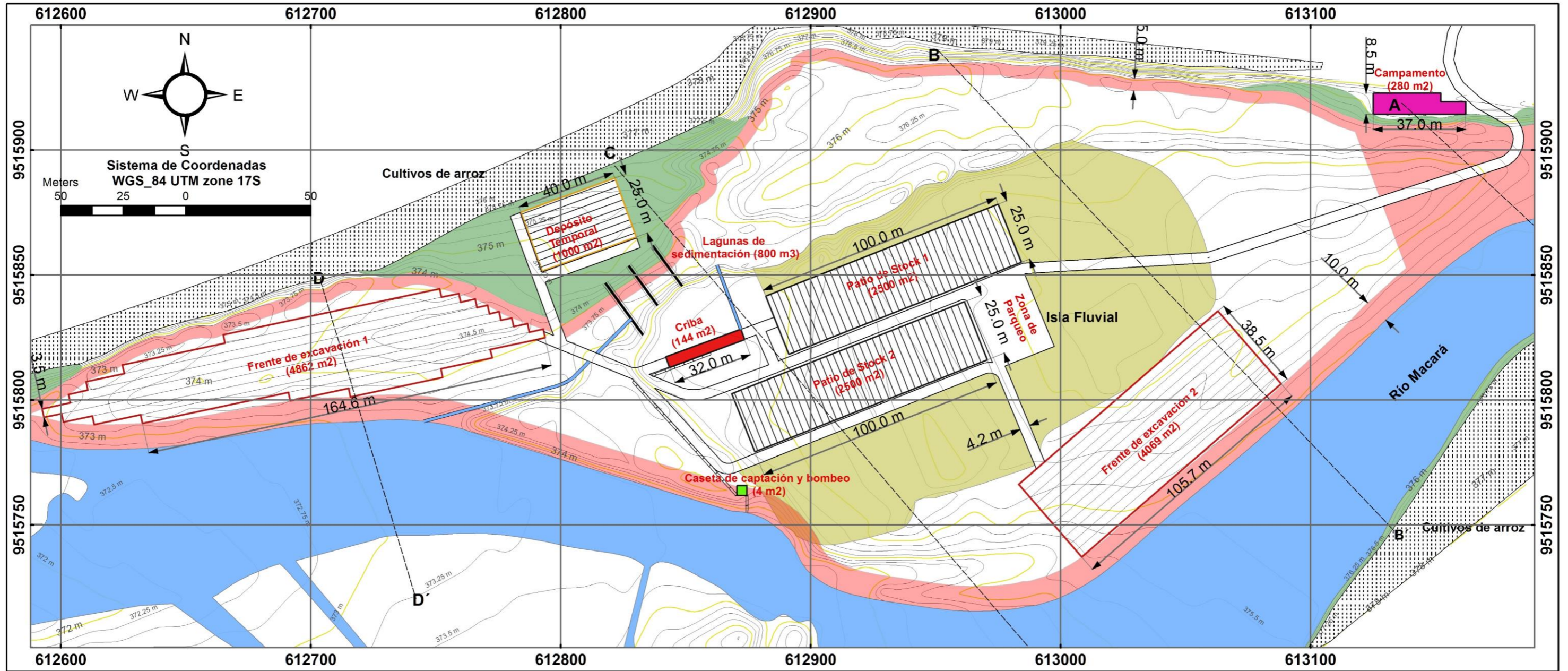
<b>Elaborado y Revisado por:</b>	Ing. José Chuquimarca S
----------------------------------	-------------------------

# **ANEXO 13**

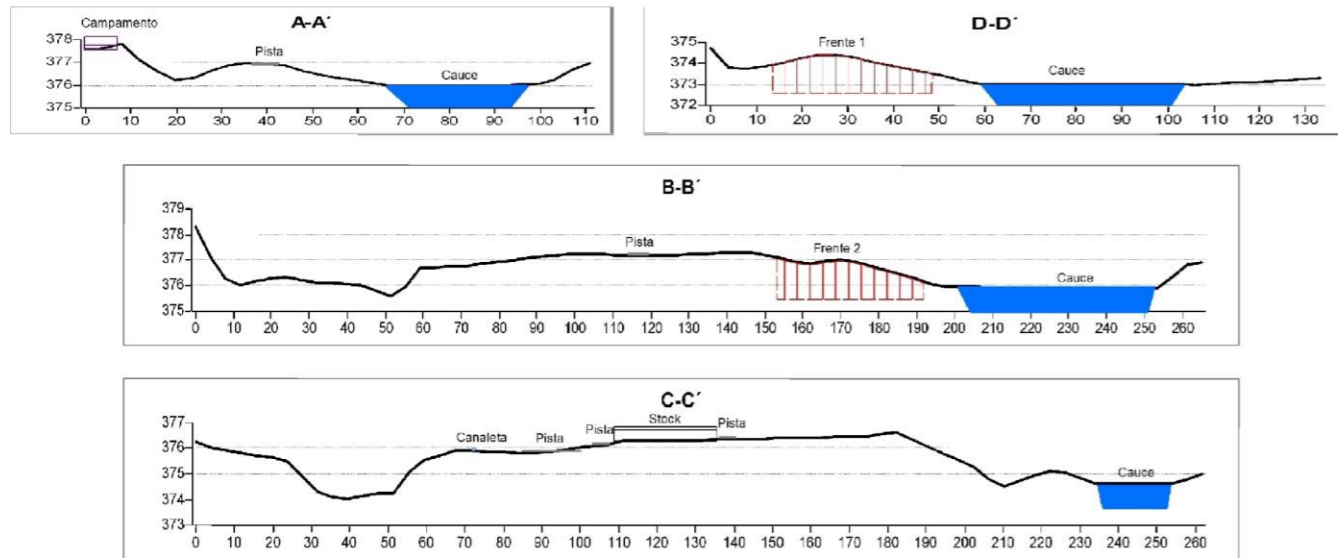
**PLANO DE UBICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y  
FRENTE DE EXPLOTACIÓN**



# PLANO DE UBICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y FRENTES DE EXPLOTACIÓN



## PERFILES TRANSVERSALES



## LEYENDA

- Cultivo de arroz
- Río Macará
- Carrizal
- Arbustos Altos
- Zona de amortiguación

## SIMBOLOGÍA

- Frentes de explotación
- Patio de Cribado
- Patios de Stock
- Depósito temporal
- Caseta de bombeo
- Campamento
- Canaleta
- Tubería
- Diques
- Vías
- Curvas de nivel (1m)
- Curvas de nivel (0.25 m)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

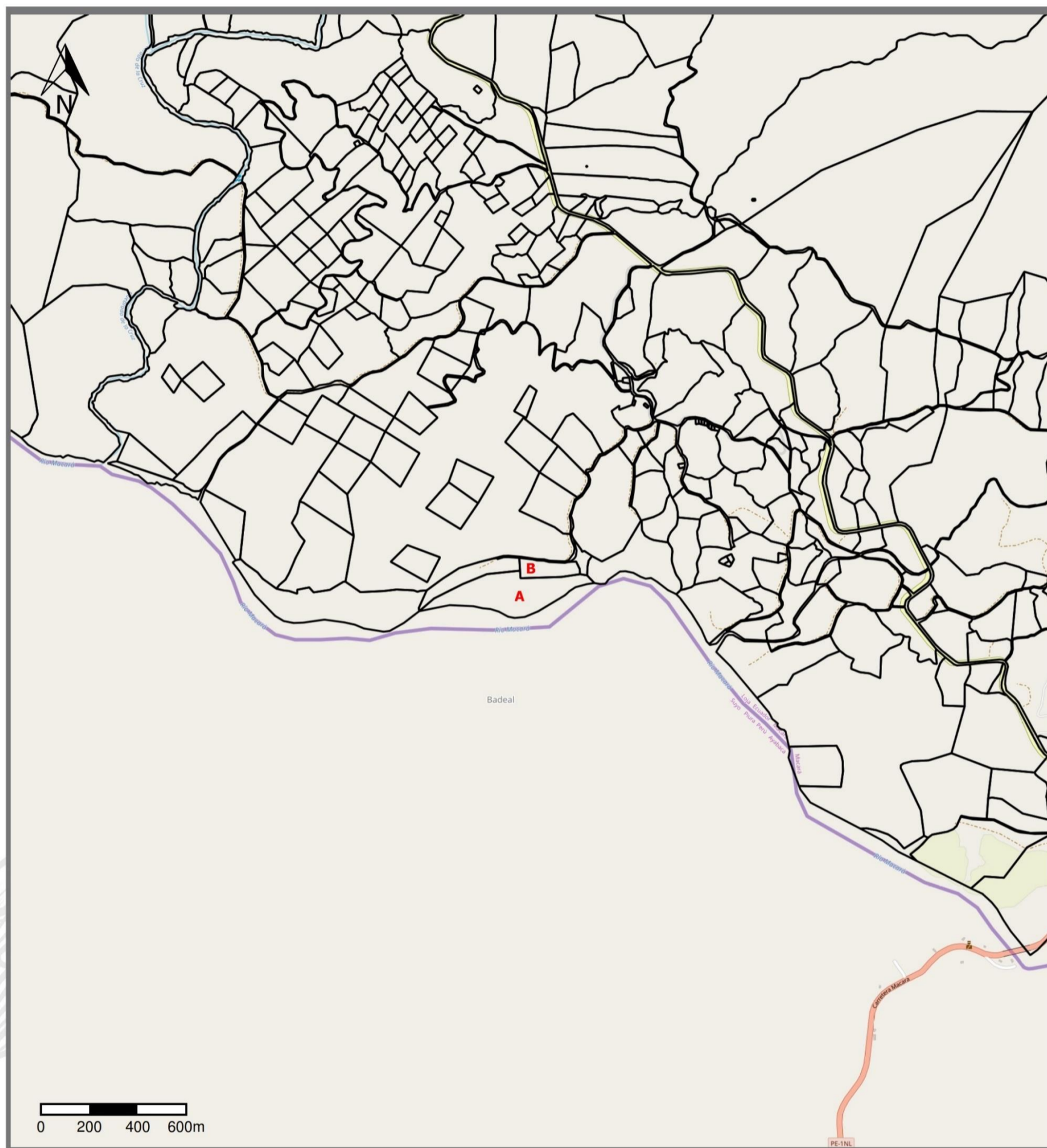
TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

<b>TEMA</b>	DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DEL DEPÓSITO ALUVIAL DEL RÍO MACARÁ UBICADO EN EL SECTOR "LA CRUZ", PERTENECIENTE AL CANTÓN MACARÁ, PROVINCIA DE LOJA.		
<b>Director</b>	Ing. Stalin Paladines		
<b>Tesista</b>	Jorge Espinosa R.		
<b>Fecha</b>	25 Octubre del 2017	<b>Escala</b>	1:1600

# **ANEXO 14**

UBICACIÓN DE PREDIOS DEL PROYECTO

## UBICACIÓN DE PREDIOS DEL PROYECTO



7.2 ha. Predio A  
1.2 ha. Predio B

Escala: 1:25000  
Fecha: 30.10.2018  
Copyright 2018  
SIPA-MAG